

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



Rediseño del sistema eléctrico con estudio de corto circuito y diagnóstico del estado actual de las instalaciones de la empresa BioLand, ubicada en Tres Ríos.

Informe de práctica de especialidad para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial

**Kevin Quesada Porras**

**Cartago, 2018**



**Carrera evaluada y acreditada por:**

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 2018-06-04

Señores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Kevin Quesada Porras

carné No. 201252872,  si autorizo  no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico (SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, presentado en la fecha 2018-06-06, con el título Rediseño del sistema eléctrico con estudio de corto circuito y diagnóstico del estado actual de las instalaciones de la empresa BioLand, ubicada en Tres Ríos.

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:

Kevin QP

Correo electrónico:

kevinquesada1993@gmail.com

Cédula No.:

115260725

## **Datos personales**

*Nombre completo: Kevin Quesada Porras*

*Número de cédula: 115260725*

*Número de carné: 201252872*

*Edad: 25*

*Números de teléfono: 89458859*

*Correos electrónicos: [kevinquesada1993@gmail.com](mailto:kevinquesada1993@gmail.com)*

*Dirección exacta de domicilio. 35 metros oeste y 300 metros sur de la esquina sureste del estadio José Rafael "Fello" Meza, Cartago*

## **Capítulo 1. Datos de la Empresa**

*Nombre: Corporación BioLand Latinoamericana S.A.*

*Actividad Principal: Dedicada a la elaboración de productos naturales, con ingredientes orgánicos*

*Dirección: 300m este del Colegio Mario Quirós Sasso, Provincia de Cartago, Tres Ríos*

*Contacto: Ing. Mauricio Alvarado Vargas*

*Teléfono: 83123031*

## **Dedicatoria**

El presente proyecto para mí es un gusto dedicarlo, primeramente, a mis Padres, que siempre me han dado su apoyo incondicional para concluir mis estudios con éxito.

A mis hermanos, que siempre me han brindado palabras de aliento, y han sido muy importantes en mi vida.

A mi novia, la cual ha sido un pilar esencial y fundamental para mi vida y para lograr culminar mis estudios, siempre con palabras de apoyo en todo momento.

A mi familia en general, que siempre me han apoyado de una u otra manera.

A mis amigos y compañeros, que con el paso de los años han permanecido a pesar del tiempo.

## **Agradecimiento**

A Dios, por haberme dado la oportunidad de llegar a culminar mis estudios con éxito.

A mis Padres, por el apoyo y acompañamiento durante este largo camino que decidí emprender desde hace unos años y ayudarme en todo momento.

A mis hermanos, que siempre han actuado como soporte durante toda mi carrera profesional.

Sin duda alguna, a mi querida novia, por estar presente durante todo este tiempo e impulsarme a levantarme en los momentos que he caído.

A mi familia, que siempre me han apoyado de muchas maneras a lo largo de este tiempo

A mis compañeros y amigos que durante este tiempo he compartido en las aulas sufrimiento y alegrías.

A la empresa Bio Land, que me abrió las puertas para realizar mi proyecto de graduación, en especial al Ingeniero Mauricio Alvarado y al departamento de mantenimiento, por toda la ayuda brindada durante el tiempo que permanecí ahí.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	4
1.1. RESEÑA DE LA EMPRESA .....	4
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	6
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	8
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	8
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	8
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	9
1.6. VIABILIDAD: .....	10
1.7. METODOLOGÍA A SEGUIR: .....	11
1.8. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	12
1.8.1. ALCANCES.....	12
1.8.2. LIMITACIONES .....	13
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. CONCEPTOS BÁSICOS .....	14
2.1.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA:.....	14

2.1.2. VOLTAJE: .....	15
2.1.3. CORRIENTE ELÉCTRICA: .....	15
2.1.4. SOBRECORRIENTE: .....	15
2.1.5. RESISTENCIA ELÉCTRICA: .....	16
2.1.6. POTENCIA ELÉCTRICA:.....	16
2.2. PARTES DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA:.....	17
2.2.1. ACOMETIDA: .....	18
2.2.2. ALIMENTADOR: .....	21
2.2.3. CONDUCTOR ELÉCTRICO: .....	21
2.2.4. DISYUNTOR: .....	23
2.2.5. INTERRUPTOR O DISYUNTOR PRINCIPAL: .....	24
2.2.6. INTERRUPTOR DERIVADO: .....	25
2.2.7. INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:.....	25
2.2.8. TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA: .....	26
2.3. TRANSFORMADOR:.....	27
2.3.1. MONOFÁSICO: .....	28
2.3.2. TRIFÁSICO:.....	28
2.3.3. TRANSFORMADORES SECOS: .....	29
2.3.4. TRANSFORMADORES EN ACEITE: .....	29
2.4. CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO .....	30
2.5. CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL .....	33
2.5.1. ARTÍCULOS DE INTERÉS.....	33

CAPÍTULO 3. DISEÑO ELÉCTRICO .....	45
3.1. ESTADO ACTUAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	45
3.2. TABLEROS ELÉCTRICOS .....	64
3.3. CIRCUITOS RAMALES .....	70
3.3.1. POTENCIA ELÉCTRICA.....	71
3.3.2. CALIBRES.....	72
3.3.3. PROTECCIONES .....	77
3.3.4. DUCTOS.....	78
3.4. SUB ALIMENTADORES.....	79
3.4.1. SUB ALIMENTADORES EN ACOMETIDA 1.....	80
3.4.2. SUB ALIMENTADORES ACOMETIDA 2.....	88
3.5. ALIMENTADORES.....	91
3.5.1. ACOMETIDA 1 .....	91
3.5.2. ACOMETIDA 2 .....	94
3.6. PUESTA A TIERRA.....	98
3.7. DISEÑO ELÉCTRICO PROPUESTO.....	102
3.7.1. CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO .....	117
CAPÍTULO 4. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	124
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	129
CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES.....	130

CAPÍTULO 7. ANEXOS .....	131
7.1. ANEXO 1.....	131
7.2. ANEXO 2.....	160
7.3. ANEXO 3.....	178
CAPÍTULO 8. APÉNDICES.....	181
8.1. APÉNDICE 1.....	181
8.2. APÉNDICE 2.....	205
8.3. APÉNDICE 3.....	219
CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA .....	221

## Índice de figuras

Figura 1.1 Organigrama empresa BioLand .....	5
Figura 2.1 Acometida aérea.....	20
Figura 2.2 Acometida subterránea.....	21
Figura 2.3 Diagrama unifilar desde la acometida hasta el tablero principal.....	25
Figura 2.4 Interruptor termomagnético.....	26
Figura 2.5 Transformador de poste.....	30
Figura 2.6 Tipos de corto circuito.....	31
Figura 3.1 Disyuntor con etiquetado erróneo.....	47
Figura 3.2 Salidas con cables TSJ.....	48
Figura 3.3 Cable TSJ.....	49
Figura 3.4 Disyuntor de 400 A con cable #2 .....	52
Figura 3.5 Tablero con disyuntores sin uso.....	53
Figura 3.6 Disyuntores tablero CP .....	54
Figura 3.7 Disyuntores tablero Lab CP .....	55
Figura 3.8 Tablero mal ubicado en planta de alimentos.....	56
Figura 3.9 Tablero con debida tapa .....	57
Figura 3.10 Barra de neutros, con código de colores mal utilizado.....	58
Figura 3.11 Tablero con mal código de colores.....	59
Figura 3.12 Tablero con mal código de colores.....	59
Figura 3.13 Tablero con mal código de colores en líneas.....	60
Figura 3.14. Tablero con mal código de colores en líneas.....	61

Figura 3.15	Tablero sin barra de tierras .....	62
Figura 3.16	Tablero sin barra de tierras .....	63
Figura 3.17	Tablero comedor administrativo .....	67
Figura 3.18	Tablero principal acometida 1 .....	68
Figura 3.19	Tablero principal acometida 2 .....	69
Figura 3.20	Tierra transformador acometida 1 .....	99
Figura 3.21	Tierra transformador acometida 2 .....	99
Figura 3.22	Tablero sin barra de tierras .....	100
Figura 3.23	Tablero sin barra de tierras .....	101
Figura 3.24	Punto de alimentación .....	118
Figura 3.25	Diagrama unifilar acometidas con datos calculados por SKM Power Tools.....	120
Figura 3.26	Diagrama unifilar TPAc1 con datos calculados por SKM Power Tools	122
Figura 3.27.	Diagrama para análisis de corto circuito.....	123
Figura 7.1	Diagrama unifilar Acometidas .....	160
Figura 7.2	Diagrama unifilar TPAc1 .....	161
Figura 7.3	Diagrama unifilar TSPR-01 .....	162
Figura 7.4	Diagrama unifilar TBPT-01 .....	163
Figura 7.5	Diagrama unifilar TTE-01.....	164
Figura 7.6	Diagrama unifilar TBC-02 .....	165
Figura 7.7	Diagrama unifilar TTCP-01 .....	166
Figura 7.8	Diagrama unifilar TSCP-01 .....	167

Figura 7.9 Diagrama unifilar TDCP.....	168
Figura 7.10 Diagrama unifilar TPT-01 .....	169
Figura 7.11 Diagrama unifilar Ta-01 .....	170
Figura 7.12 Diagrama unifilar Ta-02.....	171
Figura 7.13 Diagrama unifilar Ta-03.....	172
Figura 7.14 Diagrama unifilar TPAc2.....	173
Figura 7.15 Diagrama unifilar TSDH-01 .....	174
Figura 7.16 Diagrama unifilar TSGA-01 .....	175
Figura 7.17 Diagrama unifilar TG02.....	176
Figura 7.18 Diagrama unifilar TDMS .....	177
Figura 7.19 Gráfica kW vr intervalo en un día acometida 1 .....	178
Figura 7.20 Gráfica kW vr intervalo en una semana acometida 1 .....	178
Figura 7.21 Gráfica kW vr intervalo en un mes acometida 1 .....	179
Figura 7.22 Gráfica kW vr intervalo en un día acometida 2.....	179
Figura 7.23. Gráfica kW vr intervalo en una semana acometida 2.....	180
Figura 7.24. Gráfica kW vr intervalo en un mes acometida 2.....	180
Figura 8.1 Tabla de cargas de alumbrado general por tipo de ocupación .....	181
Figura 8.2 Tabla de factores de demanda de cargas de alumbrado.....	182
Figura 8.3 Tabla de factores de demandas.....	182
Figura 8.4 Tabla de conductor de puesta a tierra.....	183
Figura 8.5 Tabla calibre mínimo de conductores de puesta a tierra .....	184

Figura 8.6 Tabla factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización .....	185
Figura 8.7 Tabla de ampacidades en conductores .....	186
Figura 8.8 Tabla de factores de corrección por temperatura.....	187
Figura 8.9 Tabla de ampacidades de conductores .....	188
Figura 8.10 Tabla con factores de corrección por temperatura .....	189
Figura 8.11 Tabla con factores de corrección por temperatura .....	189
Figura 8.12 Tabla con ampacidades en conductores .....	190
Figura 8.13 Tabla con factores de corrección por temperatura .....	190
Figura 8.14 Tabla con factores de corrección por temperatura .....	191
Figura 8.15 Tabla con ampacidades de conductores .....	191
Figura 8.16 Tabla con factores de corrección por temperatura .....	192
Figura 8.17 Tabla con ampacidades en conductores .....	192
Figura 8.18 Factores de corrección por temperatura.....	193
Figura 8.19 Tabla con ampacidades de conductores .....	194
Figura 8.20 Tabla pérdida por caída de tensión .....	195
Figura 8.21 Tabla con máximo número de conductores en ductos.....	196
Figura 8.22 Tabla con valor nominal de dispositivos de protección .....	197
Figura 8.23 Tabla con corrientes a plena carga para motores.....	198
Figura 8.24 Tabla de corriente a plena carga para motores monofásicos .....	199
Figura 8.25 Tabla con corrientes a plena carga para motores de dos fases .....	200
Figura 8.26 Tabla con corrientes a plena carga de motores trifásicos .....	201

Figura 8.27	Tabla con porcentaje de la sección transversal en conduit.....	201
Figura 8.28	Tabla con dimensiones y área porcentual de conduit .....	202
Figura 8.29	Tabla con dimensiones y área porcentual de Conduit .....	203
Figura 8.30	Tabla con resistencia en corriente alterna de cables .....	204
Figura 8.31	Cotización material EPA.....	205
Figura 8.32	Cotización material EPA.....	206
Figura 8.33	Cotización Construplaza.....	207
Figura 8.34	Cotización Construplaza.....	208
Figura 8.35	Cotización Construplaza.....	209
Figura 8.36	Cotización Construplaza.....	210
Figura 8.37	Cotización Construplaza.....	211
Figura 8.38	Cotización Construplaza.....	212
Figura 8.39	Cotización SINGE.....	213
Figura 8.40	Cotización SINGE.....	214
Figura 8.41	Cotización SINGE.....	215
Figura 8.42	Cotización Ferretería Brenes.....	216
Figura 8.43	Cotización Ferretería Brenes.....	217
Figura 8.44	Cotización Ferretería Brenes.....	218
Figura 8.45	Información para cable TSJ.....	219
Figura 8.46	Extracto catálogo EATON Aeroductos donde especifica lo del 20% del área de la sección transversal del ducto.....	220

## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1</b> Cronograma proyectado.....	44
<b>Tabla 3.1</b> Tendencia de temperatura de la estación de medición de Iztarú del IMN durante el 2016.....	73
<b>Tabla 3.2</b> Tablero TPR .....	81
<b>Tabla 3.3</b> Tablero BPT-01 .....	82
<b>Tabla 3.4</b> Sub alimentador planta tratamiento.....	83
<b>Tabla 3.5</b> Tablero taller electromecánico.....	85
<b>Tabla 3.6</b> Tablero laboratorio cuidado personal.....	86
<b>Tabla 3.7</b> Tablero bodega compras.....	87
<b>Tabla 3.8</b> Tablero TP-03.....	88
<b>Tabla 3.9</b> Sub alimentador bodega materia prima.....	89
<b>Tabla 3.10</b> Sub alimentador tablero #2.....	90
<b>Tabla 3.11</b> Tablero TCH.....	91
<b>Tabla 3.12</b> Medición de corrientes en acometida 1 .....	92
<b>Tabla 3.13</b> Cálculo del factor de demanda para la acometida 1 .....	92
<b>Tabla 3.14</b> Cálculos de corrientes según factor de demanda y según datos factura eléctrica.....	93
<b>Tabla 3.15</b> Medición de corrientes en acometida 2 .....	94
<b>Tabla 3.16</b> Cálculo del factor de demanda para la acometida 2 .....	95
<b>Tabla 3.17</b> Cálculo de corriente con potencia demandada. ....	95
<b>Tabla 3.18</b> Cálculo de corriente con datos en factura eléctrica.....	96

<b>Tabla 3.19</b>	Corrientes y protecciones del tablero principal acometida 1 .....	103
<b>Tabla 3.20</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 1....	103
<b>Tabla 3.21</b>	Corrientes y protecciones del tablero secundario rampa.....	104
<b>Tabla 3.22</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario rampa.....	104
<b>Tabla 3.23</b>	Corrientes y protecciones del tablero del taller electromecánico .....	105
<b>Tabla 3.24</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero del taller electromecánico .....	106
<b>Tabla 3.25</b>	Corrientes y protecciones del tablero de los tanques de cuidado personal .....	107
<b>Tabla 3.26</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero de tanques de cuidado personal.....	107
<b>Tabla 3.27</b>	Corrientes y protecciones del tablero detrás de cuidado personal .....	108
<b>Tabla 3.28</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero detrás de cuidado personal .....	108
<b>Tabla 3.29</b>	Corrientes y protecciones del tablero Ta-03 (MS) .....	109
<b>Tabla 3.30</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-03 (MS) .....	109
<b>Tabla 3.31</b>	Corrientes y protecciones del tablero principal de la acometida 2 .....	110
<b>Tabla 3.32</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 2....	110
<b>Tabla 3.33</b>	Corrientes y protecciones del tablero de la cancha de fútbol .....	111
<b>Tabla 3.34</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero de la cancha de fútbol...	111
<b>Tabla 3.35</b>	Corrientes y protecciones del tablero secundario detrás de hornos.....	112
<b>Tabla 3.36</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario detrás de hornos.....	112

<b>Tabla 3.37</b>	Corrientes y protecciones del tablero G02 .....	113
<b>Tabla 3.38</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero G02 .....	113
<b>Tabla 3.39</b>	Corrientes y protecciones del tablero TDMS .....	114
<b>Tabla 3.40</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero TDMS .....	114
<b>Tabla 3.41</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tf-02 .....	115
<b>Tabla 3.42</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tf-02 .....	115
<b>Tabla 3.43</b>	Datos acometida 1.....	116
<b>Tabla 3.44</b>	Datos acometida 2.....	116
<b>Tabla 3.45</b>	Datos de corriente de corto circuito.....	118
<b>Tabla 4.1</b>	Resumen cantidad de disyuntores.....	125
<b>Tabla 4.2</b>	Resumen cantidad de cable según calibre.....	126
<b>Tabla 4.3</b>	Cantidad de tubos necesarios según tamaño.....	126
<b>Tabla 4.4</b>	Inversión según precios suministrados en SINGE .....	127
<b>Tabla 4.5</b>	Estimación aproximada total del nuevo rediseño eléctrico.....	128
<b>Tabla 7.1</b>	Corrientes y protecciones del tablero principal acometida 1.....	131
<b>Tabla 7.2</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 1. ....	131
<b>Tabla 7.3</b>	Corrientes y protecciones del tablero secundario panel rampa.....	132
<b>Tabla 7.4</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario panel rampa.	132
<b>Tabla 7.5</b>	Corrientes y protecciones del tablero bodega producto terminado.....	133
<b>Tabla 7.6</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero bodega producto terminado. .....	133
<b>Tabla 7.7</b>	Corrientes y protecciones del tablero taller electromecánico.....	134

<b>Tabla 7.8</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero taller electromecánico.....	135
<b>Tabla 7.9</b>	Corrientes y protecciones del tablero bodega compras.....	135
<b>Tabla 7.10</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero bodega compras.....	136
<b>Tabla 7.11</b>	Corrientes y protecciones del tablero tanques cuidado personal.....	136
<b>Tabla 7.12</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero tanques cuidado personal. .....	137
<b>Tabla 7.13</b>	Corrientes y protecciones del tablero secundario cuidado personal. ....	137
<b>Tabla 7.14</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario cuidado personal.....	137
<b>Tabla 7.15</b>	Corrientes y protecciones del tablero detrás cuidado personal.....	138
<b>Tabla 7.16</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero detrás cuidado personal. .....	138
<b>Tabla 7.17</b>	Corrientes y protecciones del tablero planta tratamiento. ....	139
<b>Tabla 7.18</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero planta tratamiento.....	139
<b>Tabla 7.19</b>	Corrientes y protecciones del tablero Ta-01.....	139
<b>Tabla 7.20</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-01.....	140
<b>Tabla 7.21</b>	Corrientes y protecciones del tablero Ta-02.....	140
<b>Tabla 7.22</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-02.....	141
<b>Tabla 7.23</b>	Corrientes y protecciones del tablero Ta-03.....	141
<b>Tabla 7.24</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-03.....	142
<b>Tabla 7.25</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tb-01.....	142
<b>Tabla 7.26</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tb-01.....	143
<b>Tabla 7.27</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tb-02.....	143

<b>Tabla 7.28</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tb-02. ....	144
<b>Tabla 7.29</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tc-01. ....	144
<b>Tabla 7.30</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tc-01. ....	144
<b>Tabla 7.31</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tc-02. ....	145
<b>Tabla 7.32</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tc-02. ....	145
<b>Tabla 7.33</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tc-03. ....	146
<b>Tabla 7.34</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tc-03. ....	146
<b>Tabla 7.35</b>	Corrientes y protecciones del tablero Td-01. ....	147
<b>Tabla 7.36</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Td-01. ....	147
<b>Tabla 7.37</b>	Corrientes y protecciones del tablero principal acometida 2. ....	148
<b>Tabla 7.38</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 2. ....	148
<b>Tabla 7.39</b>	Corrientes y protecciones del tablero bodega materia prima. ....	149
<b>Tabla 7.40</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero bodega materia prima. ....	149
<b>Tabla 7.41</b>	Corrientes y protecciones del tablero cancha fútbol. ....	149
<b>Tabla 7.42</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero cancha fútbol. ....	150
<b>Tabla 7.43</b>	Corrientes y protecciones del tablero detrás hornos. ....	150
<b>Tabla 7.44</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero detrás de hornos. ....	151
<b>Tabla 7.45</b>	Corrientes y protecciones del tablero secundario galletas. ....	151
<b>Tabla 7.46</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundarios galletas. ....	151
<b>Tabla 7.47</b>	Corrientes y protecciones del tablero TG02. ....	152
<b>Tabla 7.48</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero TG02. ....	152
<b>Tabla 7.49</b>	Corrientes y protecciones del tablero TDMS. ....	153

<b>Tabla 7.50</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero TDMS. ....	153
<b>Tabla 7.51</b>	Corrientes y protecciones del tablero Te-01. ....	154
<b>Tabla 7.52</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Te-01. ....	154
<b>Tabla 7.53</b>	Corrientes y protecciones del tablero Te-02. ....	155
<b>Tabla 7.54</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Te-02. ....	155
<b>Tabla 7.55</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tf-01. ....	156
<b>Tabla 7.56</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tf-01. ....	156
<b>Tabla 7.57</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tf-02. ....	157
<b>Tabla 7.58</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tf-02. ....	157
<b>Tabla 7.59</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tg-01. ....	158
<b>Tabla 7.60</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tg-01. ....	158
<b>Tabla 7.61</b>	Corrientes y protecciones del tablero Tg-02. ....	159
<b>Tabla 7.62</b>	Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tg-02. ....	159

## **Resumen**

En el presente documento, se redactará todo lo relacionado con la realización del proyecto de graduación, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

Este proyecto es sobre un rediseño de la instalación eléctrica de la empresa BioLand, ubicada en Tres Ríos de Cartago, la cual preliminarmente cuenta con una carga estimada de 300 kVA instalada, según indicó el ingeniero a cargo del área electromecánica, este rediseño es también con el fin de a corto o mediano plazo realizar un estudio de la calidad de energía.

Para este rediseño, en primera instancia, se realizará un diagnóstico de la instalación actual de la planta, para así, poder verificar en qué estado se encuentra esta. Realizar un análisis de este sistema eléctrico, como cálculos de cargas, para verificar si los transformadores se encuentran bien seleccionados, así como una inspección detallada del calibre de los conductores alimentadores, sub-alimentadores, y los ramales que alimentan las distintas cargas, también de las protecciones que se encuentren en los tableros.

Después de realizar este análisis, se tomarán todas las medidas necesarias para el nuevo rediseño, selección de conductores, protecciones, así como cálculo de corrientes de corto circuito, y en general todo dispositivo que se involucre, hasta llegar a la selección del transformador, con sus respectivos conductores y protecciones.

Seguidamente, se realizará un levantamiento de planos eléctricos y diagramas unifilares, con sus respectivos resúmenes de calibres, protecciones y ubicaciones de los equipos dentro de la planta, todo esto para dejarle al departamento electromecánico de la empresa un informe bien detallado de lo realizado.

Con dicho proyecto, se logrará alcanzar un amplio y actualizado conocimiento de la infraestructura eléctrica de BioLand y a su vez se le facilitará los trabajos de mantenimiento y operación de la planta.

**Palabras claves:** diagnóstico, rediseño, instalación, demanda, potencia, corriente, corto circuito.

## **Abstract**

In this document, everything related to the completion of the graduation project will be written, to opt for the degree of degree in engineering in industrial maintenance.

This project is about a redesign of the electrical installation of the BioLand company, located in Tres Ríos, Cartago, which preliminarily has an estimated load of 300 kVA installed, as indicated to us by the engineer in charge of the electromechanical area, this redesign It is with the purpose of a short or medium term to carry out a study of the quality of energy.

For this redesign, in the first instance a diagnosis of the current installation of the plant will be made, in order to verify the state of the plant. Perform an analysis of this electrical system, such as load calculations, to verify if the transformers are well selected, as well as a detailed inspection of the gauge of the feeder conductors, sub-feeders, and the branches that feed the different loads, also of the protections that are on the boards.

After carrying out this analysis, all the necessary measures will be taken for the new redesign, selection of conductors, protections, as well as calculation of short circuit currents, and in general any device that is involved, until reaching the selection. of the transformer, with their respective conductors and protection.

Following this, there will be a survey of electrical drawings and one-line diagrams, with their respective calibers summaries, protections and equipment locations within the plant, all this to leave the company's electromechanical department a detailed report of what has been done.

With this project, it will be possible to achieve a broad and up-to-date knowledge of BioLand's electrical infrastructure and, at the same time, facilitate maintenance and operation of the plant.

**Keywords:** diagnosis, redesign, installation, demand, power, current, short circuit.

## **Capítulo 1. Introducción**

### **1.1. Reseña de la Empresa**

La empresa BioLand fue fundada en 1982, ubicada en Costa Rica, en la zona de Tres Ríos de Cartago bajo la consigna primaria de respetar al máximo el medio ambiente y sus habitantes. A través de ese tiempo, han sido abundantes las acciones dirigidas a reducir el deterioro ambiental, mediante procedimientos industriales y comerciales más considerados y responsables.

Su nombre simboliza el compromiso que tienen con la tierra, y que esta se encuentre llena de vida, promoviendo con ello una agricultura biológica y orgánica, así también cómo rescatar prácticas industriales naturales y tradicionales, como emplear procedimientos naturales más limpios, para la salud de los seres humanos y del medio ambiente.

Es una empresa que se dedica a la producción de artículos para el cuidado personal como: jabones, geles de baño, shampoo, acondicionadores, etc. así también, como productos alimenticios como: galletas, cereales, granola, barras nutricionales, etc. Todo esto con ingredientes 100% naturales y orgánicos.

Según dice el señor Gustavo Hampl fundador de la empresa, al comienzo fue un poco difícil, al ser algo innovador, en el año 1983 se dio una charla donde mencionan la palabra reciclaje, las personas decían que nunca habían escuchado esa palabra, al igual que cuando se mencionó la frase de agricultura orgánica, las personas en la charla se asombraron y en ese momento era algo muy difícil de entender, desde ese entonces empezó un gran trabajo de convencimiento y haciendo conciencia de lo importante que eran los productos 100% naturales, y hablando con proveedores para que les suministraran el producto que ellos deseaban.

# Organigrama de la empresa BioLand

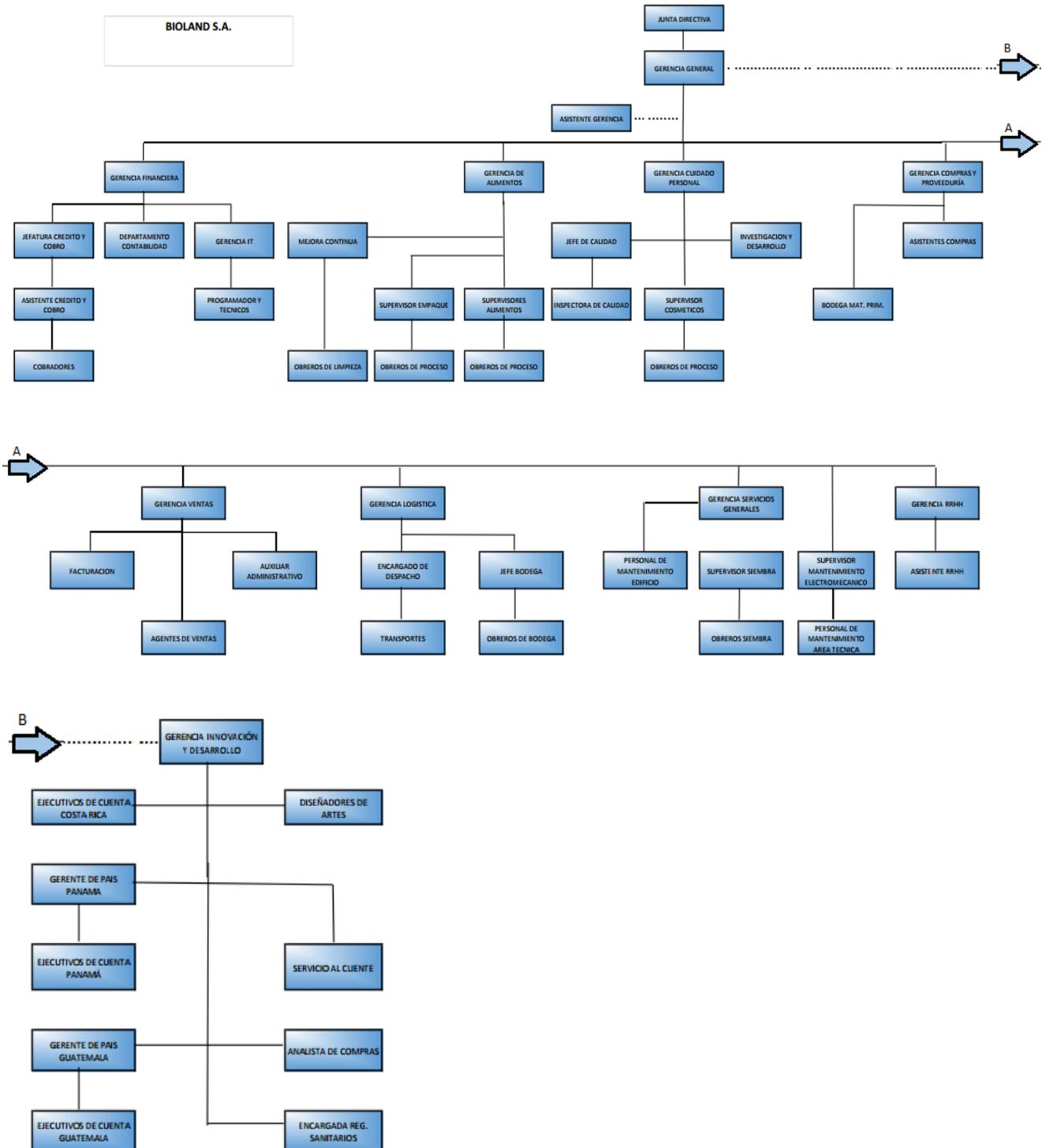


Figura 1.1 Organigrama empresa BioLand

Fuente: suministrada por la empresa

## **1.2. Descripción del proceso productivo**

Según el Ingeniero de planta de la empresa Mauricio Alvarado Vargas, el proceso productivo se divide en dos: elaboración de productos alimenticios y artículos de cuidado personal, a continuación, una breve explicación general de cada proceso.

Proceso productivo para la elaboración de artículos de cuidado personal: Se realizan distintos artículos, para ello, se utilizan varias materias primas, en donde primero se realiza una pre-mezcla en un tanque con condiciones controladas de temperatura, humedad, así también como una agitación mecánica la cual hace el proceso de mezclado de las materias primas.

Seguidamente, se realiza una elevación, por medio de bombas hacia un tanque más grande, en donde se agrega agua y otros aditivos, de aquí sale la formulación de los distintos artículos. Una vez que pasa por este proceso en la parte de abajo hay un sistema de llenado manual, y por banda transportadora es despachado para el etiquetado final y seguido el entarimado.

Proceso productivo para la elaboración de productos alimenticios: Para este caso primero se pasa la materia prima por batidoras industriales que hacen la mezcla de la masa con diferentes componentes naturales u orgánicos, luego se realizan varios procesos con distintas máquinas, algunas hacen bolas de masa, algunas laminan masa, otra máquina realiza un proceso de troquelado para formar distintos tipos de figuras en galletas, luego de estos procesos es llevado a diferentes hornos, se tienen diez hornos, una vez que salen de aquí, se ponen en diferentes equipos de empaquetado, tanto verticales como horizontales, de igual forma al final se realiza el entarimado del producto final.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Actualmente, la empresa BioLand, no cuenta con ningún tipo de planos de la parte eléctrica, ni documentación referente a la distribución o instalación eléctrica, ha sufrido cambios a lo largo del tiempo y se han instalado nuevas máquinas o ha habido aumento de cargas, cambios de los cuales no se tienen registros algunos.

Esta empresa antes de convertirse en lo que es actualmente, fue una fábrica textilera, en la cual el diseño eléctrico fue hecho para tal fin, luego se convirtió en lo que ahora es, conservando toda la estructura y diseño eléctrico, del cual no se tiene ningún registro de si el diseño está correcto para el fin con el que está funcionando actualmente, según menciona el Ingeniero con el que se conversó, se han cambiado o agregado algunas máquinas sin hacer algún cálculo necesario para ver si la instalación está correcta.

Se requiere hacer este rediseño o estos cambios del área eléctrica por las razones que se mencionaron anteriormente, además que, el no darle una pronta solución o correcta atención, puede ocasionar a la planta fallos eléctricos en los que puedan generar pérdidas de producción o hasta pérdidas humanas en el peor de los casos, así mismo, según el Ingeniero se pretende hacer a corto o mediano plazo un estudio correcto de la calidad de la energía eléctrica de la planta, y para esto se requiere tener claro cómo se encuentra la instalación en todo aspecto, así como tener un adecuado levantamiento de planos, los cuales para este proyecto se van a realizar de la propuesta de rediseño.

## **1.4. Objetivos del proyecto**

### **1.4.1. Objetivo general**

Rediseñar la instalación eléctrica actual donde incluya análisis de corto circuito, de acuerdo a lo estipulado en el código eléctrico nacional vigente para que a corto o mediano plazo se realice un estudio de calidad de energía en la empresa BioLand.

### **1.4.2. Objetivos Específicos:**

- Realizar el análisis del sistema eléctrico actual de la planta, para una correcta evaluación del estado de la misma, valorando el tamaño de los conductores, el valor de las protecciones de acuerdo al código eléctrico nacional vigente.
- Calcular las cargas estimadas para un adecuado uso de los equipos eléctricos instalados.
- Realizar un estudio de cortocircuito para una adecuada selección de protecciones, mediante el software SKM Power Tools
- Realizar un análisis económico del proyecto para la justificación cuantitativa del mismo.

## **1.5. Justificación**

La empresa BioLand, como se ha mencionado en secciones anteriores, actualmente no cuenta con sus respectivos planos del sistema eléctrico de la planta que alimentan las diferentes máquinas, que hacen posible la realización de los diferentes procesos productivos. Es muy importante que estos procesos no se interrumpan y se tenga que hacer un paro en la producción, por algún fallo eléctrico, por esta razón es que se desea hacer un adecuado rediseño eléctrico de todo el sistema en la planta.

También hacer un correcto diagnóstico del estado actual, basándose en el código eléctrico nacional, tener una base sólida, en la cual se pueda tener el criterio necesario para hacer los ajustes pertinentes y las recomendaciones que el diseño requiera.

Sabiendo la importancia y la necesidad de la realización de este proyecto, se tienen algunos puntos importantes los cuales es necesario mencionar si no se hace: si en algún momento se presentan fallas considerables en alguna parte de la red, que se impidan las labores cotidianas, va a resultar ser más complicado buscar o encontrar la falla si no se tienen planos para ubicar los elementos que intervienen en la alimentación de los diferentes equipos.

También, cuando se han hecho algunas remodelaciones, cambios en las cargas o cuestiones de esta índole, puede que se presenten disparos en las protecciones, y teniendo una adecuada instalación, recolección de datos y diagramas, esto sería más sencillo de afrontar y mejorar, para que no ocurran estas sobrecargas.

Dado estas y otras circunstancias que presenta la empresa BioLand, es que se ha hecho necesaria esta verificación actual del sistema, propuesta de rediseño y un levantamiento de planos eléctricos, todo esto con base en el código eléctrico nacional, se pretende, que esta propuesta se lleve a cabo a corto plazo, para dar al personal de mantenimiento del área eléctrica toda esta información, para que en caso de fallas, modificaciones o expansiones, puedan tomar las medidas pertinentes,

esto ayudaría en gran manera la parte productiva, por lo que no se perdería tanto tiempo en la búsqueda de fallos ya que se cuenta con información que ayudaría a solucionar los problemas

### **1.6. Viabilidad:**

Para el desarrollo de este proyecto, como se ha mencionado en secciones anteriores, referente al aspecto técnico, se cuenta con el código eléctrico nacional, tanto para la verificación del estado actual del área eléctrica, como para el rediseño del mismo y proponer las mejoras que se crean convenientes según lo establecido en este código.

También se podrá tomar en cuenta la ayuda importante que se pueda obtener por parte del Ingeniero del área de mantenimiento de la empresa, con su conocimiento de la planta, así como de planos estructurales que puedan brindar, para el seguimiento o reconocimiento de los equipos o cargas que puedan existir dentro de la planta, y con ello, tener mejor información para el desarrollo del diseño.

Otra herramienta importante que se puede tener en cuenta, son las distintas bases de datos con las que cuenta la biblioteca José Figueres Ferrer, en el Tecnológico de Costa Rica, donde se pueden encontrar distintos libros, manuales, tesis o artículos científicos, referentes al área en la que se desarrollará, que serán de gran ayuda a la hora de realizarlo.

Así mismo, se podrá tener en cuenta recursos importantes, aprovechando la época tecnológica en la que vivimos, distintos softwares de aplicación para la realización o comprobación de algunos cálculos y/o simulaciones en el diseño de una instalación eléctrica, así como también aplicaciones móviles, las cuales pueden ser de gran ayuda.

### **1.7. Metodología a seguir:**

Para la elaboración de este proyecto y el cumplimiento de los objetivos planteados se deberán seguir los siguientes pasos:

Inicialmente, los primeros días en las labores de campo dentro de la empresa, se pretende reconocer las instalaciones de la planta así como recolectar la mayor cantidad de información importante, que sirva para el diagnóstico que se pretende hacer en un inicio, sobre el sistema eléctrico actual de la compañía, y con ello, realizar una evaluación integral, obtener los pro y los contras que tiene el sistema actual, todo esto con el fin de hacer la nueva propuesta de rediseño, haciendo todas las mejoras necesarias, para suplir las necesidades que requiera la empresa.

Consecuentemente, se analizará o se realizará un estudio de toda la red que provee energía eléctrica a la planta, se debe de conocer cómo es la instalación actual. Revisando detalladamente, cuál es el alimentador que energiza el tablero principal, y cuáles son los tableros secundarios, así como los circuitos ramales existentes. Aunado a esto se deben de identificar los equipos que necesitan energía eléctrica, también es importante revisar la distribución de los tomacorrientes generales, especiales y las luminarias que estén presente dentro del lugar.

Seguidamente, se dará una revisión, desde sus transformadores, con sus respectivos conductores y protecciones, así como de los conductores en los alimentadores y ramales que alimentan las cargas y sus debidas protecciones, esto para saber si con lo que se cuenta, cumple con las normas necesarias para que sea una instalación adecuada y segura, de no ser así dar las recomendaciones pertinentes, para su correcto funcionamiento.

El siguiente paso será la estimación o cálculos necesarios de las cargas que se tengan en la planta, para la estimación del transformador, así como la verificación de que el tipo de transformador es el adecuado para el uso que se le está dando, estos

cálculos también se incluirán para la escogencia de conductores, protecciones, alimentadores, ramales, etc. Y así, empezar con el rediseño que se piensa proponer.

Para realizar el análisis de cortocircuito, se hará mediante un software por cuestiones de tiempo, el cual se llama SKM Power Tools en su versión 7.0, obtener esta corriente de corto circuito es muy importante para verificar que las protecciones seleccionadas puedan soportar una falla de esta índole.

Habiendo obtenido ya los cálculos necesarios para el rediseño o los cambios que se harán dentro de la instalación eléctrica, se harán los cálculos de corriente de cortocircuito para verificar que las protecciones seleccionadas sean las correctas con su debida capacidad interruptora, seguido, se procederá al levantamiento de planos eléctricos, así también la selección y especificación de los debidos elementos que se utilizarán en el proyecto.

Finalmente, después de haber hecho todo el aspecto técnico del proyecto, el cual es el más relevante (ya que se entregará a la empresa información importante recolectada a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, así como sus mejoras y recomendaciones, y sus planos eléctricos, lo cual será de gran ayuda para el departamento de mantenimiento), se realizará un análisis económico o una estimación de la inversión de este proyecto de rediseño eléctrico para la empresa BioLand.

## **1.8. Alcances y limitaciones**

### **1.8.1. Alcances**

Para cumplir con los principales objetivos de este proyecto se tomarán en cuenta algunas consideraciones las cuales se esperaría estén concluidas al finalizar éste, en primera instancia es necesario conocer la instalación eléctrica, específicamente, los circuitos ramales, alimentadores, cargas en los equipos, acometida y transformador, esto en cada departamento o recinto dentro de la planta.

Como se desconoce esta información, se realizarán las inspecciones necesarias para determinar el diseño actual. Como consideración importante se pretende dejar a la empresa un estudio del diseño actual de la red eléctrica, comprobación de los calibres de los conductores, dimensionamiento de las protecciones.

Será importante considerar hacer el estudio de cortocircuito para verificar si los dispositivos de protección son capaces de soportar la corriente que se puede tener en caso de alguna eventualidad, asimismo, una serie de recomendaciones de los problemas que se encuentren dentro del diagnóstico que se hará para mejorar la seguridad y confiabilidad de la instalación eléctrica.

Otra consideración de este proyecto es que también va a dotar al departamento de mantenimiento de la empresa, información necesaria para las labores mismas de mantenimiento, así como para eventuales variaciones en el diseño, o reparaciones, será un entregable al final del proyecto el levantamiento de planos eléctricos, los cuales contemplan o especifican, la ubicación de los puntos donde se requiere suministro eléctrico.

### **1.8.2. Limitaciones**

En esta sección se podrían presentar algunas limitaciones en el proceso de la realización del proyecto como lo son la falta de información que se tiene en un inicio, ya que la planta se encuentra un poco desactualizada en la parte eléctrica, para ello se necesitará ayuda administrativa, de operadores o del área de mantenimiento para que se pueda facilitar la recolección de los datos, otra limitante que se podría tomar en cuenta, sería la ubicación de algunos equipos que cuentan con dificultad de acceso, para resolver este problema de igual manera se recurrirá al conocimiento que tienen algunos operadores o del departamento de mantenimiento para obtener esta información.

## **Capítulo 2. Marco teórico**

Actualmente, en la mayoría de los equipos, motores o máquinas industriales utilizadas en la producción o manufactura, corresponde al tipo eléctrico, que requiere energía eléctrica para su correcto funcionamiento, sabiendo lo anterior, es importante la implementación de una serie de elementos que aseguren el suministro de dicha energía, y a su vez, resguardar la integridad de otros equipos, así también como de las personas que estén a su alrededor.

### **2.1. Conceptos básicos**

En primera instancia se tomará en cuenta algunos conceptos importantes, vistos y mencionados en algunos libros debidamente referenciados, los cuales se comentarán y explicarán a continuación:

#### **2.1.1. Instalación eléctrica:**

Es importante saber, que una instalación eléctrica es la que se encarga de distribuir la energía eléctrica hasta los sitios de consumo de una manera segura y eficiente. Una manera segura es aquella que no presenta riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o están cerca y una manera eficiente es aquella en la cual se evita consumos innecesarios, ya sea por pérdidas de los elementos que la constituyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras éstos no se estén utilizando

El diseño de una instalación eléctrica como se mencionó anteriormente, contempla la selección de una diversidad de equipos y materiales para que los beneficiarios tengan un suministro confiable y seguro.

Según (Zavala, 2001) el concepto de instalación eléctrica es un “conjunto de conductores eléctricos, canalizaciones de control, conexión y protección necesarios para interconectar una fuente de energía eléctrica con

aparatos receptores eléctricos” y establece una condición importante a cumplir con respecto a la protección del equipo.

Es importante tomar en cuenta, como se menciona en el libro (Garcia, 2016) que se pueden dividir las instalaciones eléctricas dentro de 3 clases: baja tensión (menores a 1 kV), media tensión (entre 1 kV hasta los 50 kV) y alta tensión (mayores a 50 kV).

También se mencionarán algunos conceptos importantes que se deben de saber a la hora de realizar un proyecto de esta índole, como se detallarán a continuación.

### **2.1.2. Voltaje:**

A este concepto también se le conoce como caída de potencial, diferencia de potencial, tensión, y según (Fowler, 1994) es la cantidad de energía que se utiliza para impulsar los electrones a que se muevan a lo largo de un conductor, realizando así una transferencia de energía. Su unidad de medida es en Voltios en honor al físico italiano Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta.

### **2.1.3. Corriente eléctrica:**

La corriente eléctrica es según (Fowler, 1994) cuando a un material conductor se le aplica un campo electromagnético que alinea a los electrones libres de tal forma que se mueven coherentemente, a través de los conductores o en palabras más sencillas es cuando un flujo de carga eléctrica (electrones) recorre un material conductor en su interior. Se acostumbra abreviar con la letra **I** mayúscula y su unidad de medida es amperios en honor al físico francés André-Marie Ampère.

### **2.1.4. Sobre-corriente:**

Esta definición es muy importante tenerla clara y en cuenta a la hora del desarrollo del proyecto, la sobre-corriente según (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008) es “cualquier corriente que supere la corriente

nominal de un equipo o la ampacidad de un conductor. Esto puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra”.

#### **2.1.5. Resistencia eléctrica:**

Según (García, 2016) se le denomina resistencia eléctrica, cuya abreviatura es R, a la oposición al flujo de corriente eléctrica o electrones de un material. Su unidad de medida es el Ohm en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, cuyo símbolo es  $\Omega$

#### **2.1.6. Potencia eléctrica:**

La potencia que entrega o consumo un elemento eléctrico se define matemáticamente con la siguiente ecuación

$$P = V * I$$

La potencia eléctrica se mide en Watt [W], en honor al ingeniero francés James Watt en ocasiones se conoce o se traduce como vatio. También la unidad para medir potencia que aún se utiliza es el caballo de fuerza [HP], donde un HP son 746 W.

En corriente alterna la potencia es un poco más compleja, esto por los componentes reactivos añaden al sistema

- **Potencia aparente:**

Según (Fowler, 1994) se define como la potencia que debería de consumir la carga, pero que debido a los componentes reactivos no es aprovechada. Su símbolo es **S** y su unidad es el voltio-amperio [VA]

- **Potencia real:**

A esta potencia también se le conoce como potencia activa, y según (Fowler, 1994) es la potencia que consumen los componentes resistivos de un circuito eléctrico, en otras palabras, es la potencia que realmente aprovecha la carga. Su símbolo es **P** y su unidad es el Watt.

$$P = V * I \cos(\theta)$$

Donde  $\theta$  es el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente.

- **Potencia reactiva:**

Según (Fowler, 1994) esta es la potencia que están consumiendo los elementos reactivos, y que no es aprovechada por la carga. Su símbolo es Q y su unidad de medida es el **voltio-amperio reactivo** [VAR]

$$P = V * I \sen(\theta)$$

## **2.2. Partes de una instalación eléctrica:**

Independientemente del tamaño de la instalación eléctrica, el diseño se puede fragmentar en varias partes. Empezando desde el punto de enlace con la empresa distribuidora se tiene la acometida, esta contiene todos los artefactos encargados de trasladar la energía hasta el disyuntor principal.

Luego, la conexión entre el disyuntor principal y el tablero principal se conoce como alimentador. En algunas ocasiones, el diseño requiere varios tableros para optimizar la distribución; en estos casos, la conexión entre el tablero principal y los tableros secundarios se conoce como sub-alimentador.

Después de los tableros, se debe de transportar la energía eléctrica hasta los puntos de consumo. Estas conexiones son llamadas circuitos ramales. En algunos casos estas conexiones serán dedicadas a un solo equipo, mientras que en otros enlazará a un conjunto de dispositivos.

Además, a la hora de desarrollar un proyecto en instalaciones eléctricas se debe seleccionar todos los equipos que la componen de manera adecuada. Las regulaciones para realizar una correcta selección se pueden localizar en el Código Eléctrico Nacional (NEC 2008).

En la selección de calibres, además de corroborar que la corriente nominal del circuito ramal no sea mayor a la corriente máxima que puede circular por el cable se debe de examinar la caída de tensión en los conductores. Esta pérdida es debida a que la resistencia eléctrica del cobre está limitada por los artículos 210 y 215 del NEC (ver 2.3.1 Artículos de Interés).

El diseño eléctrico debe ser capaz de protegerse contra sobrecargas y cortocircuitos. Para esto, se debe seleccionar una serie de protecciones que se colocan en los tableros, ya sea principales o secundarios.

Los dispositivos de protección suelen ser disyuntores o fusibles. Ambos interrumpen el paso de corriente ante un incidente. Sin embargo, la diferencia está en que el disyuntor se puede volver a utilizar; mientras que, en el fusible se destruye un filamento interno para poder interrumpir el paso de la corriente, el cual no es reemplazable ni reutilizable.

Otro dispositivo de gran importancia en las instalaciones eléctricas es el transformador. Estas máquinas son el medio de acople entre la distribución a alta tensión y la instalación eléctrica (a baja tensión). Los transformadores se clasifican como sumamente confiables y muy eficientes, casi de 100% de eficiencia (Grainger J. & Stevenson W., 1996).

A continuación, se detallarán un poco más algunos de los conceptos mencionados anteriormente.

### **2.2.1. Acometida:**

Por acometida se entiende el punto donde se hace la unión entre la red, propiedad de la compañía proveedora, y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también puede entenderse como la línea (aérea o subterránea) que por una parte se vincula con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición para la empresa.

Según se menciona en (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008) acometida se define como la parte de la instalación eléctrica que se encarga de conectar la red del exterior al tablero principal en el edificio o al transformador principal, esto para luego hacer la distribución adecuada del fluido eléctrico a los tableros y al final lograr alimentar los equipos.

- **Tipos de acometida.**

Existen dos tipos de acometidas y estas dependerán principalmente de conveniencia en la instalación y posibilidad por parte del proveedor de servicios.

**A. Acometidas aéreas.**

Las acometidas aéreas son las que comprenden desde la red aérea suministradora más cercana con apoyo de postes rígidos que soporten. Este tipo de acometida aérea tiene entrada aérea en el edificio, aunque existe acometida aérea con entrada subterránea en el interior del edificio.

En este sistema existe una terminal para el cambio de línea aérea a cable subterráneo, que se coloca junto con la palomilla de la red distribuidora o en el poste, según la forma de conducción de la red distribuidora pública. Debido a que esta caja irá colocada a la intemperie, su construcción debe ser adecuada para este tipo de instalación. En las acometidas aéreas las cajas de acometidas pueden ser colocadas tanto en la fachada del edificio como en el interior.

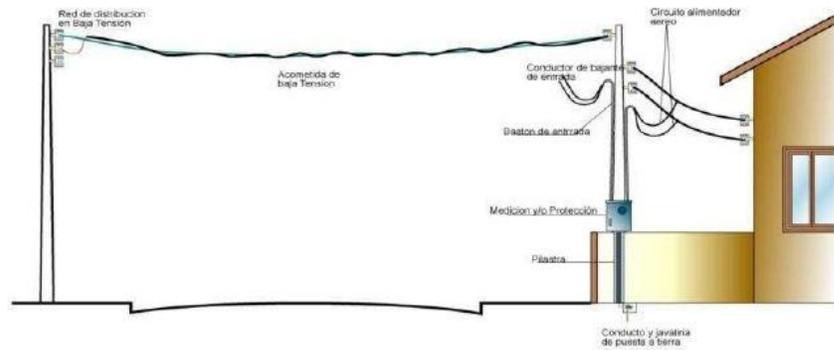


Figura 2.1 Acometida aérea

*Fuente: Sustraída de Imágenes de Google*

## B. Acometidas subterráneas:

Estas acometidas se realizan con entrada y salida a la red de distribución. Para que puedan llegar los cables aislados hasta la caja general de protección, el abonado debe prever la colocación de dos tubos de fibrocemento o similar, desde la fachada exterior hasta la caja de protección. Estos tubos deben ir enterrados como mínimo a una profundidad de 70cm.

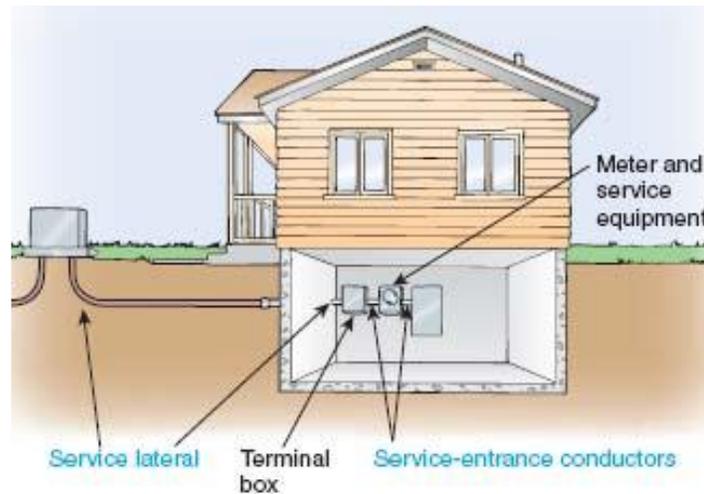


Figura 2.2 Acometida subterránea

*Fuente: Sustraída de Imágenes de Google*

### **2.2.2. Alimentador:**

Según (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008) el alimentador se puede definir como “todos los conductores de un circuito que se encuentran entre la acometida principal y el dispositivo de protección contra sobre corriente final del circuito ramal, o se podría decir que hasta el tablero principal de distribución”.

### **2.2.3. Conductor eléctrico:**

El conductor eléctrico, en una instalación eléctrica, es el componente por el cual se provee y distribuye la corriente eléctrica, son construcciones empaquetadas de alambres resguardados por una chaqueta que, en función de la temperatura, suministrará protección a la integridad del elemento.

Se tiene entonces, que los conductores eléctricos para instalaciones residenciales e industriales se encuentran separados en cobre y aluminio, las tablas presentadas en el NEC 2008 corresponden a conductores de cobre, sin embargo, las notas especifican los cambios a realizar en el proceso de cálculo para seleccionar conductores de aluminio.

En Anexos, se presentan las diferentes tablas con los conductores eléctricos respecto a la corriente máxima que estos soportan antes de dañarse, y en general, todas las tablas en el anexo C del NEC 2008 indican las dimensiones normalizadas para perfiles de área de conductores y selección de tubería según cantidad de líneas.

Según (Fowler, 1994) un conductor eléctrico, es un dispositivo que transporta energía eléctrica dentro de una instalación, o sea el elemento que suministra y distribuye la corriente eléctrica, un conductor eléctrico son elementos de cobre, aluminio u otro material, empaquetados en general por un recubrimiento de plástico, como aislante eléctrico, que protegerá de aumentos de temperatura al conductor, así también como a la integridad de los operadores.

Según se comenta en (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008), los calibres de los conductores eléctricos están reglamentados según la especificación AWG,” cuando los conductores no sean de materiales especificados, el material y tamaños dados serán aplicados a cables de cobre, cuando otros materiales son usados, el tamaño deberá ser cambiado de acuerdo al mismo”. Con ellos entonces se tiene que los conductores eléctricos para los tipos de instalaciones eléctricas industriales se dividen en cobre o aluminio, en el NEC (2008), las tablas que se presentan para los distintos calibres de conductores eléctricos son para cobre.

Para la selección de conductores eléctricos es importante tomar en cuenta algunos factores de corrección, los cuales son de temperatura y de agrupamiento, esto debido a que un aumento considerable en la temperatura del conductor afectará sus propiedades eléctricas, de igual forma, al agrupar dichos conductores, existe una transferencia y acumulación de calor, por tanto, aumento de la temperatura, también afectará algunas de las propiedades del conductor.

#### **2.2.4. Disyuntor:**

Un disyuntor o protección como se conoce regularmente, además de establecer las medidas de distribución de corriente en un circuito, se deben considerar los elementos de protección del mismo, con el fin de cuidar la integridad de los equipos que participan en los procesos derivados a estos ramales, y así también la integridad física de las personas que laboran con dichos elementos.

Los disyuntores, breakers o protecciones según (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008) “son los elementos encargados de detener, desconectar y/o separar los ramales de un circuito eléctrico ante problemas que se presenten en el flujo de corriente que pasa por ellos, estos, al detectar una corriente mayor a la permitida, separan la línea en falla”.

Además de los fusibles, los cuales, ante una falla protegen al destruir un filamento de material especial y deben ser reemplazados, los breakers corresponden a otro método de protección, sin embargo, como se comenta en el libro (Fowler, 1994), “cuando abren pueden volver a su estado original”. Es por esto la importancia de estos elementos, ya que no se necesita sustituir nada.

Se reconocen dos tipos de disyuntores:

- **Térmicos:** Utilizan tiras bimetálicas o discos como elementos sensibles, por medio de la deformación de dichas tiras efectúan el cierre al paso.
- **Magnéticos:** Por medio de la acción de campos magnéticos inducidos por el paso de la corriente, generan fuerzas que abren el circuito.

Otra clasificación existente para los disyuntores eléctricos es por su funcionalidad, los más comunes son: STD (Estándar), GFCI (Falla a tierra) y AFCI (Falla de arco). A continuación, se comentarán a detalle.

- **Estándar:**

Es el característico disyuntor utilizado para resguardar cargas especiales, las cuales, no ameritan la acción contra algún fenómeno mayor, cargas como motores, tomacorrientes, equipos pequeños y alejados del agua requerirán este tipo de disyuntor.

- **Falla a tierra:**

Es el disyuntor que se encarga de no permitir el paso de corriente eléctrica cuando detecta que esta se desplaza en un sentido diferente al configurado (sentido normal), en este sentido, el propósito del mismo es la protección de personas en caso de potencial electrocución.

Cargas cercanas a sitios húmedos como cocinas, patios traseros a bajo nivel, garajes y salidas eléctricas cercanas a tuberías de líquidos utilizarán este tipo de disyuntor.

- **Falla de arco:**

Debido a que los disyuntores estándar solamente reaccionan ante sobrecargas y cortocircuitos, y las fallas a tierra ante eventos de flujo de corriente, los arcos eléctricos se utilizarán cuando se desee proteger en caso de presencia de arcos eléctricos peligrosos para la instalación.

### **2.2.5. Interruptor o disyuntor principal:**

Se le llama interruptor o disyuntor principal al que va situado entre la acometida (después del medidor) y el resto de la instalación, y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

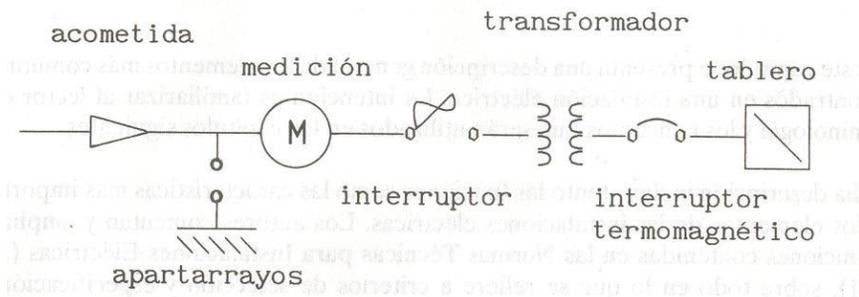


Figura 2.3 Diagrama unifilar desde la acometida hasta el tablero principal

*Fuente: (García, 2016)*

Este disyuntor tiene que ser de cómodo acceso y operación, de tal forma que en caso de emergencia permita deshabilitar el fluido eléctrico de la instalación rápidamente; debe de proteger a toda la instalación y su equipo, por lo que tiene que ser capaz de impedir que las corrientes de cortocircuito puedan ocasionar algún accidente tanto en la máquina como el operador.

Según el tipo de instalación, el interruptor o disyuntor principal puede ser alguno de los siguientes dispositivos: caja de cuchillas y fusibles, interruptor termo-magnético, cortacircuitos o interruptor de potencia.

### **2.2.6. Interruptor derivado:**

Los interruptores eléctricos que se les llaman derivados son aquellos que están dispuestos para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones o que energizan a otros tableros.

### **2.2.7. Interruptor termo-magnético:**

Uno de los interruptores mayormente utilizados en la industria, comercio y residencias y que sirve para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos es el termo-magnético (Imagen 2.4). Su aplicación puede ser como interruptor principal o derivado esto debido a su amplio grado de capacidades conductivas y de tensiones de trabajo. Su diseño le permite aguantar un gran número

de operaciones de conexión y desconexión, lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un cortocircuito. Para la protección contra sobrecargas se vale de un elemento bimetálico.



Figura 2.4 Interruptor termo-magnético

Fuente: Fotografía propia

### 2.2.8. Tableros de distribución eléctrica:

El concepto de tablero se refiere a un gabinete metálico donde se instalan instrumentos, mandos y/o dispositivos de control. El tablero es un dispositivo auxiliar (en algunos casos obligatorio) para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

Cada recinto de una instalación está regularmente alimentado por uno o varios tableros. Estos tableros pueden tener un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero en donde se alimenta y del número de circuitos que alimente. Tiene una barra de cobre para el neutro y 1, 2 ó 3 barras conectadas a las fases respectivas (directamente o a través del interruptor general).

Habitualmente, a las barras de las fases se conectan interruptores termo-magnéticos de 1, 2 ó 3 polos, tomando en cuenta el número de fases que se ocupen para alimentar los circuitos derivados. Estos últimos a su vez alimentan: dispositivos de alumbrado, salidas para contactos o equipos especiales.

Cuando un alimentador eléctrico llega a una zona para suplir de energía eléctrica los dispositivos que la demanden, es instalada en un gabinete especial en el que, se encuentran las salidas de las protecciones de los diferentes circuitos, este gabinete, junto con su protección es llamado tablero eléctrico, y funciona como “nodo del que la corriente se reparte a los circuitos que conformen la instalación” (Mullin R. & Smith R., 2005).

Según el NEC 2008, establece que el tablero está diseñado como uno o un grupo de unidades incluidas las barras y los dispositivos de protección, para el control de luces, y circuitos”.

Comercialmente, y bajo la marca EATON, se encuentran tableros dependiendo de la corriente máxima a suplir a los circuitos, limitada en las barras de la misma, además de la tensión de entrada y operación, y la cantidad de circuitos.

Según (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, , 2008) los tableros de distribución “son aquellos paneles grandes individuales, o ensamble de paneles, en el que se montan, interruptores, dispositivos de protección contra sobre-corriente y otros dispositivos de protección, así como barras de conexión y otros instrumentos en general”.

### **2.3. Transformador:**

Según (Wildi, 2006) “el transformador es utilizado para incrementar o reducir la tensión de la red de suministro del sistema de potencia utilizada para transmitir electricidad sobre grandes distancias” con esto, el transformador percibe la potencia demandada, y al aumentar la tensión, por medio de la siguiente fórmula.

$$V_{in} * I_{in} = V_{out} * I_{out}$$

Un transformador, se puede entender como un dispositivo eléctrico que se encarga de incrementar o reducir la tensión de suministro de un sistema de potencia utilizada para transmitir electricidad, y según (Guadamuz, 2016) “es el producto entre la tensión y la corriente, por lo que en los sistemas de distribución eléctrica para transmitir cierta potencia es preferible tener una tensión elevada y por ende bajas corrientes”.

Además, gracias al transformador es que se puede “transmitir energía eléctrica a grandes distancias y distribuirla de manera más segura en fábricas y hogares” (Wildi, 2006).

Dentro de los diseños eléctricos se debe contemplar la selección del transformador. Entre los aspectos a considerar se debe revisar ciertos parámetros como capacidad (potencia), cantidad de fases, frecuencia, tensiones de trabajo, tipo de enfriamiento, características eléctricas y mecánicas.

Los transformadores, al igual que los motores eléctricos, pueden ser clasificados o divididos según el número de fases para lo que va a ser construido:

### **2.3.1. Monofásico:**

Son transformadores de potencia o de distribución que son conectados a una línea fase y un neutro o tierra, tienen un solo devanado de alta tensión y uno de baja tensión.

### **2.3.2. Trifásico:**

Conectados a 3 líneas o fases y pueden estar o no conectados a un neutro o tierra común. Tienen 3 devanados de alta tensión y 3 de baja.

Los transformadores también tienen diferentes clasificaciones según sus capacidades o aplicaciones, como las que se van a mostrar a continuación.

### **2.3.3. Transformadores secos:**

Este tipo de transformadores son comunes en instalaciones de tipo industrial seccionadas, hospitales, escuelas y zonas residenciales, son equipos diseñados para suministrar potencia a cargas inferiores a los de aceite, permiten la instalación en prácticamente cualquier lugar sin la necesidad de preparar trampas de aceite en caso de fallas.

Debido a que no requiere materiales inflamables, se considera potencialmente más seguro que los transformadores en aceite, además puede ser instalado tanto en interiores como exteriores, no presenta riesgo de contaminación ambiental y cumple con los requerimientos eléctricos para operar hasta los 36 kV.

### **2.3.4. Transformadores en aceite:**

Como su nombre lo indica, son equipos que se encuentran surgidos y protegidos por un volumen de aceite dentro de su estructura, lo que permite un mejor enfriamiento en comparación con los transformadores secos.

En comparación con los transformadores secos, los de aceite permiten la operación a mayores tensiones y cantidades de energía, siendo óptimos para industria donde la carga sea muy grande, o en centros de distribución.

Los transformadores en aceite generan menos ruido que los secos, sin embargo, requieren la implementación de posos de captación de aceite en caso de fugas, además de mayores riesgos por inflamabilidad.



Figura 2.5 Transformador de poste  
*Fuente: Sustraída de imágenes Google*

## **2.4. Corriente de corto circuito**

La corriente de corto circuito es una de las corrientes más importantes que se deberían de sacar o calcular en cada proyecto eléctrico que se vaya a realizar, ya que ayuda a poder saber el dimensionamiento de los elementos eléctricos que se van a utilizar en cuanto a la capacidad interruptora de corriente corto circuito, y como lo menciona (Aguilar Durán, 2010) “calcular la corriente de corto circuito es uno de los aspectos más importantes en una instalación eléctrica, pues de este cálculo depende la selección de los equipos y dispositivos de protección”.

Similar a muchas otras situaciones donde ocurra una falla, un corto circuito se podría clasificar en distintas categorías, según (Metz Noblat, 2000) se puede clasificar como se muestra a continuación.

1. Según su duración:
  - a. Auto extingüibles
  - b. Transitorio
  - c. Permanente
2. Según su origen:

- a. Factores mecánicos
  - b. Sobretensiones eléctricas.
  - c. Degradación de aislamiento
3. Según su localización
- a. Dentro o fuera de un tablero o maquinaria.

También según (Metz Noblat, 2000), menciona desde otro punto de vista, los corto circuitos pueden ser monofásicos en un 80%, bifásicos en un 15%, y esto pueden evolucionar en un corto circuito trifásico, y para finalizar un corto circuito trifásico en un 5%.

En la figura a continuación se puede observar de una forma más gráfica, esta última forma de clasificación de corto circuitos, la flecha blanca muestra la dirección de una corriente parcial, mientras que la oscura muestra la corriente de corto circuito.

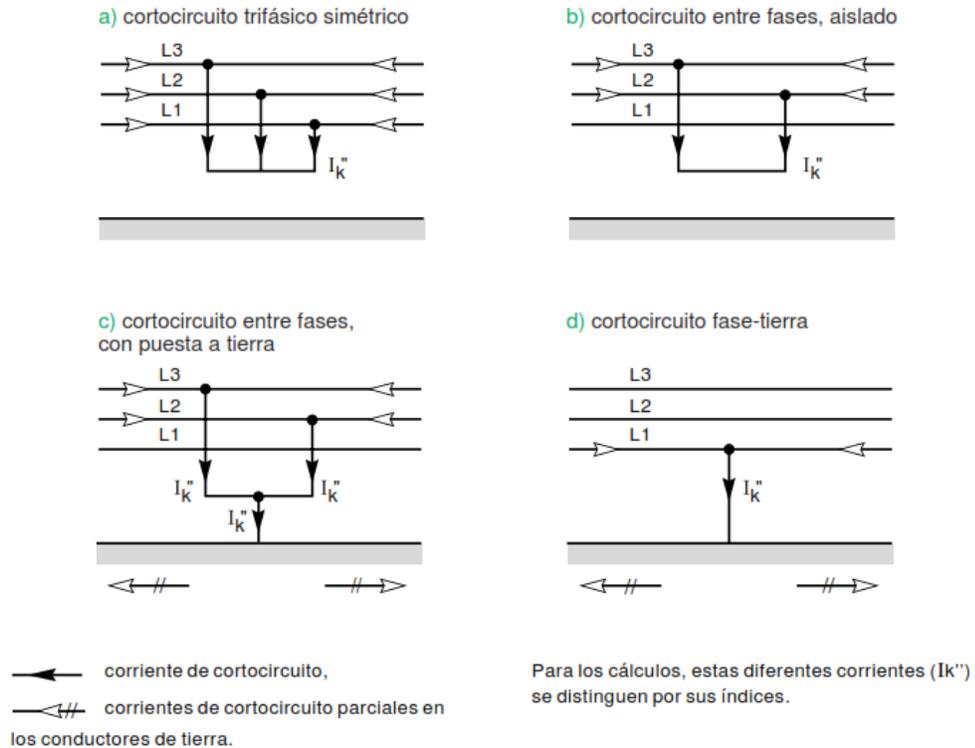


Figura 2.6 Tipos de corto circuito

Fuente: (Metz Noblat, 2000)

Cuando haya un corto circuito la mayor parte de la energía proviene del suministro eléctrico externo de la instalación, sin embargo, los generadores, los motores de inducción y síncronos también aportan energía que incrementan esta mencionada corriente de corto circuito (Aguilar Durán, 2010).

Esta corriente de corto circuito se ve afectada de la corriente alterna senoidal que depende de la tensión de la fuente de alimentación y la impedancia de corto circuito, así también como de una componente unidireccional que depende del amortiguamiento (relación  $R/X_L$ ).

Esta relación al mismo tiempo se conoce como factor de asimetría, por medio de este factor se tiene una constante  $k$  para conseguir la corriente más alta posible en el momento de corto circuito, se establece que el comportamiento de esta constante  $k$  responde a la siguiente ecuación.

$$k = 1,02 + 0,98 * e^{\frac{3R}{x}}$$

Aunado a esto, cuando llega a ocurrir esta falla, la tensión o fuerza electromotriz (f.e.m) varía considerablemente, por lo que el análisis de régimen transitorio se complica, y según (Metz Noblat, 2000) “como simplificación, consideramos el valor de la f.e.m constante, pero la reactancia interna de la máquina como variable.

También según (Metz Noblat, 2000) menciona que esta variación de la reactancia se divide en tres periodos, el sub transitorio, entre los periodos 10 y 20 ms, el transitorio, aproximadamente los siguientes 500 ms, y para finalizar, el estado permanente que obedece a la reactancia síncrona.

Este comportamiento de las reactancias en estos tres periodos es ascendente, por lo que es de esperarse que la corriente de corto circuito tenga un comportamiento contrario a este, es decir, descendente, es por esta razón que para el análisis de corto circuito solo se toma en cuenta el estado sub-transitorio.

## **2.5. Código Eléctrico Nacional**

Como se ha venido mencionando los diseños eléctricos en Costa Rica deben de cumplir con una norma, la cual en el país es el NEC o Código Eléctrico Nacional.

El Código Eléctrico Nacional (NEC 2008), consta o se divide en varios capítulos, el capítulo 1 es de generalidades, algunas definiciones y requisitos para diseños eléctricos, el capítulo 2 habla de alambrado y sistemas de protección, el capítulo 3 sobre métodos y materiales para el alambrado, el 4 sobre equipos para uso general, el 5, 6 y 7 sobre inmuebles, equipos y condiciones especiales, el octavo sobre sistemas de comunicación y por último, el noveno contiene tablas y ejemplos para la selección de equipos.

Para la realización de este proyecto será indispensable la utilización del Código Eléctrico Nacional (NEC, 2008), con el fin de juzgar con base en lo que en él está estipulado para un correcto diagnóstico en el proyecto.

### **2.5.1. Artículos de interés**

Debido a la extensión que tiene el Código Eléctrico Nacional, a continuación, se presentarán algunos de los artículos que van a tener mayor relevancia en el diagnóstico y rediseño a desarrollar.

#### **110.14**

Este artículo en la sección (C) establece los límites de temperatura en la que pueden operar distintos calibres de conductores, este artículo menciona que “la ampacidad de un conductor se debe elegir y coordinar de modo que no supere la temperatura nominal más baja de cualquier terminal, conductor o dispositivo conectado” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008), para la selección de los calibres de los conductores se deben basar en la tabla 310.16.

También se menciona en este artículo que para equipos o circuitos de no más de 100 A se deberán utilizar conductores entre 14 AWG y 1 AWG a un valor de temperatura de 60° C y que para equipos o circuitos superiores a 100 A se seleccionarán calibres mayores a 1 AWG a una temperatura de 75° C.

### **210.8**

Este lo que menciona es sobre protección de personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra (GFCI) en algunos tomacorrientes o receptáculos en localidades donde haya humedad o contacto con agua.

El NEC indica que para edificios que no sean viviendas y tengan tomacorrientes en baños, cocinas, exteriores u otros lugares donde existe posibilidad de que haya humedad debe de haber u ofrecer este tipo de protección.

### **210.19**

En este artículo se habla sobre la capacidad de corriente de los conductores y calibres de estos, en la sección (A) (1) dice “cuando un circuito ramal alimente cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas o no continuas, el calibre mínimo del conductor del circuito ramal, antes de la aplicación de cualquier factor de corrección o ajuste. Debe tener una ampacidad permisible no inferior a la carga no continua más el 125% de la carga continua” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

Además, este artículo también menciona sobre caídas de tensión, en una de sus secciones, que no debe de superar a 3% en circuitos ramales y que en los circuitos de alimentador y ramal hasta la salida más lejana no debe superar el 5%.

### **210.20**

Este artículo hace referencia a las protecciones contra sobre-corriente, que todo conductor o equipo eléctrico debe de estar protegido mediante dispositivos de

protección contra sobre-corriente, en la sección (A) al igual que en el artículo anterior “el valor nominal del dispositivo de sobre-corriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008)

### **215.2**

Se habla sobre calibres mínimos de conductores en alimentadores, en la sección (A) (1) se menciona sobre generalidades que “los conductores de los alimentadores deben tener una ampacidad no menor a la necesaria para alimentar las cargas calculadas en las partes III, IV y V del artículo 220” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, , 2008), además, aclara que “los calibres mínimos de conductores de circuitos alimentadoras, ante la aplicación de cualquier ajuste o de factor de corrección, deben tener una ampacidad permisible no menor a la carga no continuas, más el 125% de la carga continua (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008)

### **215.3**

Este artículo hace referencia sobre las protecciones contra sobrecorriente en los alimentadores, dice que “la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobre-corriente no debe ser inferior a la carga no continua, más el 125% de la carga continua” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, , 2008).

### **220.12**

El artículo 220.12 habla sobre la carga mínima para iluminación según el tipo de recinto o actividad que se realice en el mismo, en este artículo se muestra la tabla 220.12 (Ver anexos), en la cual se brinda esta información, para en el caso nuestro, se van a utilizar varios de estos para algunos lugares en específico, por ejemplo, la

parte de edificios de oficinas, las bodegas o almacenamientos, el cual todos cuentan con una carga mínima distinta.

#### **220.14**

Este artículo habla de otras cargas para todo tipo de ocupaciones, dentro de este artículo se divide en varias secciones, las cuales de nuestro interés son (I) salidas de receptáculos “las salidas de receptáculo se deben calcular a un mínimo de 180 VA para cada receptáculo sencillo o para cada receptáculo múltiple en un solo yugo” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008), también la sección (K) de bancos y edificios de oficinas, (L) otras salidas, las cuales no han sido mencionadas anteriormente en este artículo aclaran que se debe calcular con base en 180 VA por salida.

#### **220.18**

El artículo 220.18 aclara o menciona sobre cargas máximas en la sección (A) sobre cargas accionadas por motor y combinadas “cuando un circuito alimenta solamente cargas accionadas por motor se debe aplicar el artículo 430” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008) y “para circuitos que alimentan las cargas que constan de un equipo de utilización accionada por motor de más de 1/8 hp en combinación con otras cargas, la carga total calculada se debe basar en el 125% de la carga del motor más grande más la suma de las otras cargas.

#### **220.40**

Aquí se alude que “la carga calculada de un alimentador o de una acometida no debe de ser inferior a la suma de las cargas de los circuitos ramales” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008), pero después de aplicar los factores de demanda correspondientes.

## **220.42**

Este artículo habla sobre factores de demanda en alumbrado de diferentes recintos o actividades a realizarse en estos, como se muestran en la tabla 220.42 (Ver anexos), donde estos factores de demanda se deben aplicar a la parte de la carga total calculada del circuito ramal para iluminación.

## **220.44**

El artículo 220.44 es sobre cargas de receptáculos en unidades diferentes a las de vivienda para la aplicación del respectivo factor de demanda como se muestra en la tabla 220.44 (Ver anexos)

## **220.50**

En este artículo a lo que se refiere es que para cargas de los motores se deben calcular de acuerdo con las secciones 430.24, 430.25 y 430.26.

## **240**

En el artículo 240 en general habla sobre las protecciones contra sobre-corriente, tanto para conductores como para distintos equipos, máquinas o motores y en la sección 240.6 (A) donde estandariza los valores de los fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Los valores de estas protecciones en ampere, son: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000.

## **250.53**

Instalación del sistema del electrodo de puesta a tierra y sus respectivos requisitos que exige el Código Eléctrico Nacional, en la sección (B) menciona que, en los sistemas de puesta a tierra, cuando se usan electrodos dice que “no debe estar a menos de 1,83 m (6 pies) de cualquier otro electrodo de otro sistema de puesta a

tierra” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008)

### **250.56**

Respecto a la resistencia de los electrodos de varilla, si al instalarlos, estos no tienen una resistencia igual o menor a  $25 \Omega$  se debe colocar otro electrodo adicional que cumpla con lo especificado en los artículos 250.52 (A) para disminuir esta resistencia eléctrica, además que “no deben estar separados menos de 1,8 m (6 pies) (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

### **250.62**

El material conductor del electrodo de puesta a tierra dice que debe de ser de cobre, aluminio, o aluminio revestido de cobre, “el material seleccionado debe ser resistente a cualquier condición corrosiva existente en la instalación o debe estar protegido adecuadamente contra la corrosión” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

### **250.66**

Se brinda la tabla 250.66 (Ver anexos), en la cual se debe de basar la selección del calibre para los electrodos de puesta a tierra. Sin embargo, establece tres excepciones.

La primera de ellas es cuando se usan electrodos de varilla, tubos o placas. Esta sección de este artículo aclara que para este tipo de puesta a tierra se brindan en los artículos del 250.52(A) (5) hasta 250.52(A) (7) “no se exigirá que la porción del conductor que es la única conexión al electrodo de puesta a tierra sea superior al 6 AWG si es alambre de cobre o al 4 AWG si es alambre de aluminio” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

La segunda excepción es cuando el electrodo está encerrado en concreto. Este caso está regulado por el artículo 250.52(A) (3), pero este artículo especifica que no se exige un calibre superior a 4 AWG para cables de cobre.

La última excepción es cuando se tiene un anillo de puesta a tierra. Este tipo de puesta a tierra se comenta en el artículo 250.52(A) (3). “No se exigirá que la porción del conductor que es la única conexión al electrodo de puesta a tierra sea superior al 4 AWG de alambre de cobre.

### **250.122**

El artículo 250.122 es sobre calibres de los conductores de puesta a tierra de los equipos donde se puede observar la tabla 250.122 (Ver anexos) en la sección (A) donde se hablan sobre generalidades menciona que “conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, de tipo alambre, no deben ser de calibre inferior a los presentados en la Tabla 250.122, pero en ningún caso se exigirá que sean mayores que los conductores de los circuitos que alimentan el equipo” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

### **310.4**

En este artículo se menciona algo muy importante, con respecto a conductores en paralelo donde en la sección (A) dice que “se permitirá que los conductores de aluminio, aluminio recubierto de cobre o cobre de calibre 1/0 AWG y mayor, que sean los conductores de cada fase, polaridad, del neutro o del conductor puesto a tierra de un circuito, estén conectados en paralelo (unidos eléctricamente en ambos extremos)” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, , 2008). Y en la sección (B) se mencionan algunas características que deben de tener los conductores en paralelo para acometidas:

1. De igual longitud.

2. De igual material.
3. Del mismo calibre (área circular en mils).
4. De igual aislamiento.
5. Terminar en los mismos nodos de conexión

Y en la sección (D) aclara que “los conductores instalados en paralelo deben cumplir con las disposiciones de la sección 310.15 (B) (2) (a)” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

### **310.15**

En este artículo aclara sobre los calibres de los conductores y su respectiva ampacidad con tensión nominal de 0-2000 volts, en el cual se observan las tablas de la 310.16 a 310.19 (Ver anexos)

En la sección (B) (2) (a) de este mismo artículo hace referencia sobre un factor de ajuste cuando se tienen más de tres cables portadores de corriente en una canalización se debe de castigar con un factor de corrección. Estos factores de corrección se pueden observar en la tabla 310.15 (B) (2) (a) (Ver anexos)

En la sección (B) (4) (c) de este mismo artículo también, menciona que “en una instalación trifásica tetra-filar conectada en estrella, en la cual la mayor parte de las cargas consiste en cargas no lineales, circulan corrientes armónicas en el conductor del neutro y se debe considerar como un conductor portador de corriente” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

### **430.6**

Este artículo es muy importante para la realización de este proyecto, ya que habla sobre motores eléctricos, conductores y su debida protección, dice que cuando se tienen motores dentro de un diseño eléctrico, como es este el caso, este artículo menciona que los calibres deben de ser seleccionados según las tablas de

ampacidad permisible. Además, especifica que las ampacidades de los motores se deben de establecer según lo especificado en las secciones 430.6 (A), (B) y (C).

En este mismo artículo en la sección (A) (1) habla sobre valores de las tablas cuando no tenemos acceso a los datos de placa, estos valores se presentan en las tablas 430.247, 430.248, 430.249 y 430.250, (Ver anexos) “se deben usar para determinar la ampacidad de los conductores o el valor nominal en amperes de los interruptores, la protección del circuito ramal contra cortocircuitos y fallas a tierra” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

También se podrá encontrar en este artículo en la sección (A) (2) donde se menciona aspectos importantes cuando uno tiene datos de placas en motores eléctricos donde dice “la protección independiente contra sobrecargas de un motor se debe basar en el valor nominal de corriente de la placa de características del motor” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

#### **430.21**

En el artículo anterior se mencionó sobre calibres de conductores para motores eléctricos que se podían encontrar en diferentes tablas o datos de placa, en este artículo se hablará sobre conductores para circuitos de motores en general.

#### **430.22**

En este artículo cuando es un solo motor “los conductores que alimenten un solo motor usado en una aplicación de servicio continuo, deben tener una ampacidad no inferior al 125% del valor nominal de plena carga del motor, como se determina en la sección 430.6 (A)” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

En la sección (E) se menciona para cuando se trata de servicio no continuo y dice “los conductores para un motor usado en aplicaciones de corta duración, intermitentes, periódicas o variables, deben tener ampacidad no inferior al porcentaje

del valor nominal de corriente de la placa de características del motor, mostrado en la tabla 430.22 (E)” (Ver anexos) (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

#### **430.24**

En algunas ocasiones los conductores deben brindar corriente eléctrica a varios motores o en combinación , a esto se refiere este artículo en específico, donde establece que “los conductores que alimenten varios motores o un(os) motor(es) y otra(s) carga(s) deben tener una ampacidad como mínimo del 125% de la corriente nominal de plena carga del motor con el valor nominal más alto, más la suma de las corrientes nominales de plena carga de todos los otros motores del grupo, tal como se determina en la sección 430.6 (A), más la ampacidad exigida para las demás cargas” (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

#### **430.53**

En este artículo en la sección (A) menciona que cuando se tiene un circuito ramal protegido a no más de 20 A y a una tensión de 120 V, o a un circuito protegido a no más de 15 A y con una tensión de 600 V o menor se permitirá conectar varios motores solo si ninguno excede 1 HP y se cumplen las siguientes condiciones (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008):

1. La corriente nominal a plena carga de cada motor es menor a 6 A.
2. No se excede el valor nominal del dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito ramal, marcada en cualquiera de los controladores.
3. La protección individual contra sobrecarga cumple lo establecido en la sección 430.32

**Cronograma proyectado del desarrollo del proyecto:**

**Tabla 2.1** Cronograma proyectado

<b>Proyecto. "Rediseño del sistema eléctrico y diagnóstico del estado actual de la instalación eléctrica de la empresa BioLand, ubicada en Tres Ríos."</b>																
Listado de actividades para la elaboración del proyecto																
N°	Actividad / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Inicio de Proyecto. Reconocimiento de la empresa y recopilación de información	■	■	■												
2	Diagnóstico del diseño actual de la instalación eléctrica		■	■	■											
3	Estimación o levantamiento de cargas eléctricas			■	■	■	■									
4	Cálculos manuales y utilización de software				■	■	■	■	■							
5	Cálculo de corrientes de corto circuito							■	■	■	■					
6	Elaboración de planos							■	■	■	■	■	■			
7	Especificación de equipos eléctricos										■	■	■	■		
8	Análisis económico											■	■	■	■	
9	Preparación exposición															■

Fuente: Elaboración propia

## **Capítulo 3. Diseño eléctrico**

### **3.1. Estado actual de la instalación eléctrica.**

Como se ha venido mencionando con anterioridad, esta empresa tiene más de 35 años de estar en nuestro país, anterior a esto esta empresa fue una textilera a finales de los 70's, BioLand se instaló ahí mismo, habiendo cambios en las cargas instaladas y constantes crecimientos de los mismos.

Desde su inicio esta empresa no ha tenido una planificación adecuada de los cambios que ha habido, ni han tenido información detallada de estos, a tal punto que en todos estos años no han tenido planos que ayuden con las labores de mantenimiento de los equipos

En primera instancia se hizo un reconocimiento de las instalaciones de la empresa, reconociendo en qué lugares se encuentran las acometidas (existen dos, cada una con un banco de transformadores de 150kVA), los tableros principales de distribución, los tableros secundarios, y cada accesorio que interviene en la instalación eléctrica de la planta, así como cada uno de los equipos, conjuntamente se iba realizando un levantamiento de las cargas de los equipos.

Esta empresa posee una serie de paneles y centros de carga que se encuentran distribuidos físicamente a lo largo de la compañía, los paneles principales se encuentran ubicados el de la acometida 1 en el taller electromecánico y el de la acometida 2 en la planta de alimentos, luego los paneles secundarios en la planta de alimentos existen varios, en la planta de productos de cuidado personal también, en el taller electromecánico, así como en las distintas bodegas que existen en dicha empresa.

Referente a estos paneles que se mencionaron en el párrafo anterior no existe un orden lógico, ya que por razones de que antes en la textilera existían otros tipos de cargas y otra distribución, y esta se adecuó a lo anterior, así como por espacio o

ampliaciones que se han venido dando al pasar de los años, se han tenido que asignar equipos en tableros o paneles que no le corresponde.

Una vez reconocida la empresa, se procedió a visitar los paneles principales de distribución y ver en qué estado se encontraban, ver qué tipos de protecciones o breakers existen, calibres de cables de alimentación y salida a otros paneles, así como ver como salía la distribución a otros tableros y ver que equipos estaban conectados a estos.

Se encontraron algunos inconvenientes en muchos de estos tableros, tales como que no tenían su debida barra de tierras (en muchos o la mayoría de los casos), no cumplían con el código de colores, en la mayoría de los casos también, todos los conductores eran de color negro, se encontraron algunas barras de neutros que en lugar de que todos los conductores sean de color blanco, estos tenían una gran variedad de colores, lo que complicaba su adecuado reconocimiento dentro de la labor del diagnóstico, así como labores de mantenimiento que realizaban en la planta.

También, se notó una grave desorganización entre los tableros eléctricos y a donde van dirigidos, ya que no se cuenta con ningún tipo de directorio o etiquetado, por lo que es complicado saber cuál tablero alimenta que equipo u otro tablero.

Referente a lo mencionado anteriormente, también se pudo encontrar como en unos casos donde el disyuntor se encontraba etiquetado, mas, sin embargo, estas etiquetas se encontraban totalmente desactualizadas, ya que, por ejemplo, en un caso una etiqueta en un tablero principal de la acometida 1, mencionaba que alimentaba alumbrado telares (como se muestra en la Figura 3.1), como es conocido, anteriormente esta planta era una textilera, por lo tanto, muchas etiquetas que se encontraron pertenecían a la planta de hace unos 40 años.

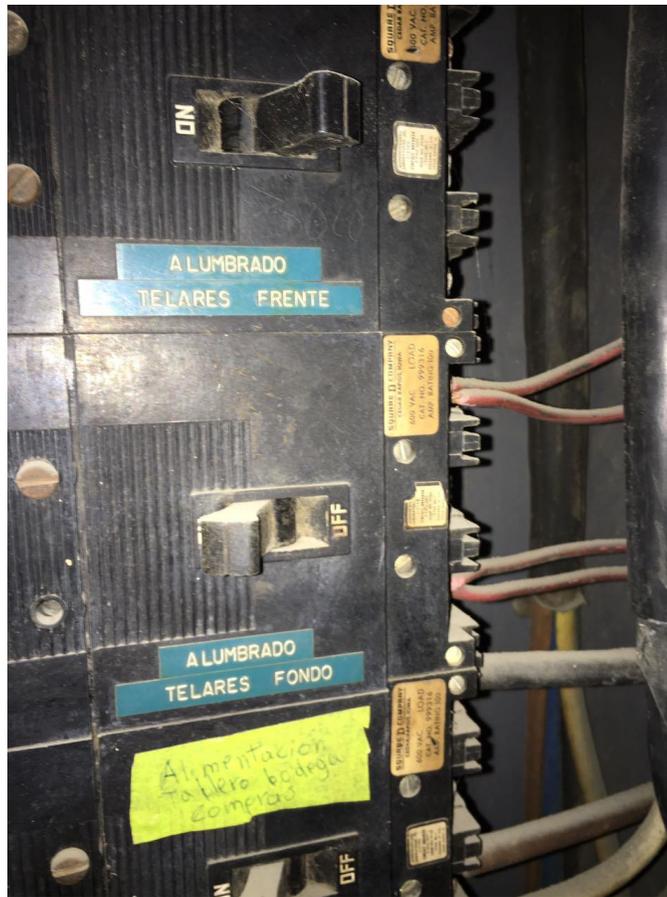


Figura 3.1 Disyuntor con etiquetado erróneo.

*Fuente: Fotografía propia*

Otro caso similar se presenta en un tablero principal de la acometida 1 también, donde un disyuntor trifásico dice que alimenta un área que le llaman secado de jabón, consultando con los empleados del lugar y algunos miembros de la parte de mantenimiento los cuales comentan que tienen más de 15 años laborando para esta empresa, dicen que en todo el tiempo que han laborado aquí, no saben ni han escuchado de algún área donde le llamen secado de jabón.

Sin embargo, se siguieron los cables que salían de este disyuntor tratando de identificar a donde se dirigía o que alimentaba y se logró encontrar que este alimentaba un tablero trifásico que se encuentra en la planta de cuidado personal en la pared de atrás.

Entre las inconsistencias que se pudieron encontrar en esta instalación, también se pueden mencionar la mala selección de los calibres de los conductores, así también como los disyuntores, tanto en circuitos ramales como en sub alimentadores, hasta en las mismas acometidas.

Para el cable TSJ, los fabricantes mencionan que este no se puede utilizar para aplicaciones permanentes solo de uso temporal, y en el NEC artículo 590.3 menciona que para uso temporal no puede ser mayor a 90 días, sin embargo, como se puede apreciar en la figura a continuación se puede ver como este se utiliza en varias aplicaciones permanentes para alimentar distintos motores entre otras salidas, en los anexos vendrá un catálogo de General Cable donde habla de estas limitaciones.



Figura 3.2 Salidas con cables TSJ

*Fuente: Fotografía propia*

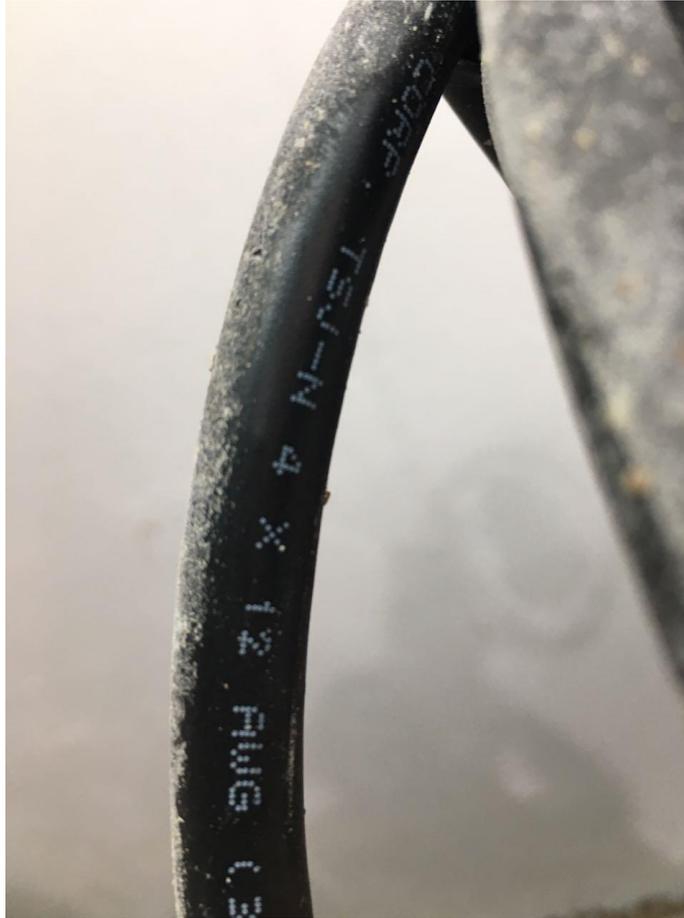


Figura 3.3 Cable TSJ

*Fuente: Fotografía propia*

En la acometida 2, la cual alimenta lo que es la planta de alimentos, se encontró un grave problema con la selección del conductor de la acometida, que cuenta con un calibre #3/0 por fase, que según la tabla 310.16 para una temperatura nominal de 75°C, tiene una ampacidad de 200 A, haciendo constantes mediciones en esta acometida se observa como esta en ocasiones llegaba hasta los 232 A, donde se nota que está evidentemente mal diseñado, ya que se notaba como pasaba hasta un poco con alta temperatura.

También en muchos casos, por ejemplo, se alimenta un tablero de distribución donde existe un calibre de #6 AWG para fases y neutro, que, según el NEC, en la tabla 310.16 para una temperatura nominal de 60°C, tiene una ampacidad nominal de 55 A.

En este caso mencionado en el párrafo anterior para el calibre del conductor #6 AWG, existe un disyuntor principal de 125 A, el cual evidentemente, este disyuntor no está protegiendo el conductor, por lo que esta protección no está cumpliendo su debida función.

Existe otra situación, donde se alimenta un tablero de distribución también, donde el calibre de estos conductores es de #2 AWG para líneas y neutro, donde según la tabla 310.16 del NEC a una temperatura nominal de 60°C, este calibre tiene una ampacidad de 95 A, según el artículo 110.14 (C) se debe de trabajar bajo el criterio de 60°C, y para este caso haciendo varias mediciones durante varios lapsos de tiempo y en distintos momentos, la corriente medida ahí no supera los 9 A, por lo que se encuentra totalmente sobredimensionado, aparte que el disyuntor es de 225 A, el cual aparte de estar sobredimensionado, no protege al conductor.

Manteniendo el ejemplo anterior, este tablero de distribución también se encuentra muy sobredimensionado, ya que es de 40 posiciones, manteniendo disyuntores de 1 y 2 posiciones, los cuales la mayoría de estos no tienen una función idónea, y otros ni siquiera están en funcionamiento, por ejemplo, sale un ramal, con un calibre #12 AWG, con un breaker de 2 polos, 40 A, alimentando 3 lámparas de iluminación de 75 watts, a 120 V en un laboratorio, que no consumen ni 2 A, aparte de estar evidentemente sobredimensionados, este disyuntor no protege el cable de una corriente superior a su capacidad.

Otra inconsistencia que se logró observar a lo largo de todas las visitas de campo realizadas durante el proyecto, es que, en algún caso, en un circuito ramal, se pudo ver como este se encontraba sobrecargado, ya que había uno, que se encontraba con un disyuntor de 20 A de un polo, con cable #12 AWG, para línea, neutro y tierra,

y este tiene conectados 13 tomacorrientes, con una capacidad de 180 VA cada uno según el artículo 220.14(K), para un total de 2340 VA, y 7 iluminaciones, a 100 VA cada una, para un total de 3040 VA, este ramal conectado a 120 V, haciendo el cálculo se obtiene una corriente de diseño de 26 A.

Para el caso anterior, evidentemente no pasan conectados todos los aparatos simultáneamente, ya que, si no hubieran reportado algún inconveniente por parte de los usuarios, sin embargo, es claro que el circuito ramal se encuentra mal diseñado.

Para este mismo caso, mencionado anteriormente, una mala práctica que se realiza muy a menudo en diseños eléctricos es la mezcla o combinación de cargas en circuitos ramales, conectando, iluminación, tomacorrientes y otras cargas en un mismo circuito ramal, ya que si en algún momento ocurre un problema en alguna de las cargas se quedará sin iluminación esa área en específico.

Como se ha venido mencionando anteriormente, uno de los problemas más graves y evidentes que se pueden notar con solo el hecho de hacer una inspección visual en algunos tableros, por ejemplo, en los tableros principales, los sub alimentadores, que van a otros tableros de distribución, se pueden encontrar disyuntores de 400 A y sale un cable 1/0 por fase o en algunos casos hasta #2, el cual según la tabla 310.16 del NEC aguanta una corriente de 150 A y 115 A, respectivamente, por lo tanto, este disyuntor no protege el cable como por ejemplo se observa en la siguiente figura.

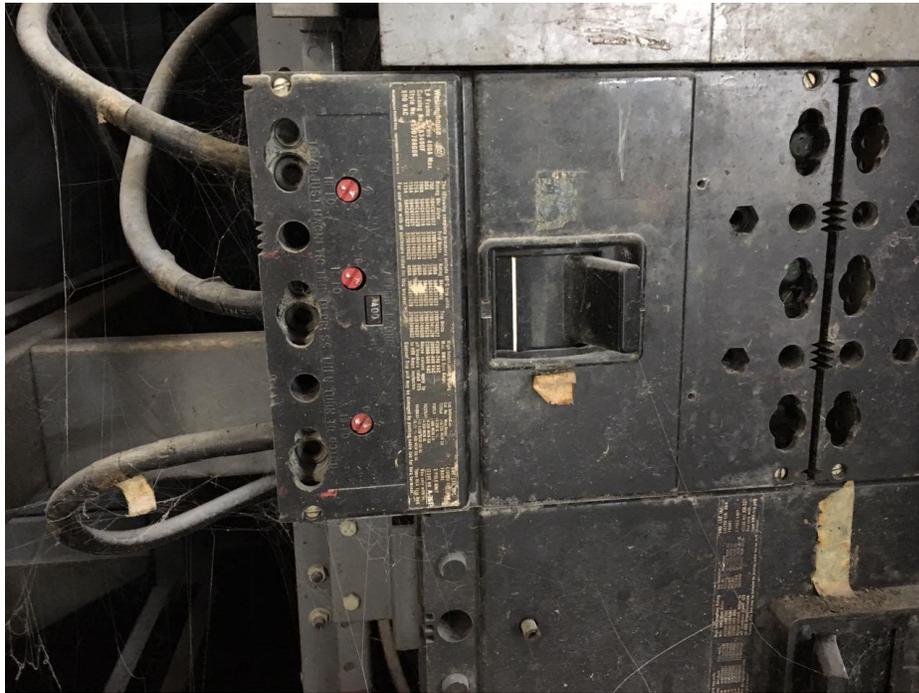


Figura 3.4 Disyuntor de 400 A con cable #2

*Fuente: Fotografía propia*

Otra anomalía que se puede encontrar en todo el sistema eléctrico actual de la empresa, es que no existen interruptores de circuitos con falla a tierra (GFCI) como lo establece el Código Eléctrico Nacional en el artículo 210.8 para lugares donde posiblemente haya humedad, este artículo también menciona que estas interrupciones se pueden obtener mediante dos formas, por medio de tomacorrientes o en los disyuntores termo-magnéticos, sin embargo, en la empresa no se encontraron de ningún tipo.

Pese a la identificación de muchos disyuntores dentro de los trabajos de campo en el proyecto, muchos de estos no se lograron identificar, por lo complicado del acceso a algunos tableros, o que en algunos casos no se pudo desconectar porque no se podía detener algún proceso de la planta.

Intentando identificar algunos disyuntores y que equipos alimentaban, se debió abrir circuitos para ver que equipos, tomacorrientes o iluminación quedaban sin

alimentación, en un tablero trifásico por las máquinas de galletas de arroz, se empezaron a desconectar breakers y algunos no se notaba que se quitara la alimentación de algo (Ver Figura 3.5).



Figura 3.5 Tablero con disyuntores sin uso

*Fuente: Fotografía propia*

En la Figura anterior se puede observar como algunos disyuntores se encuentran disparados. Para esos casos lo que se hizo fue dejar esos circuitos abiertos o esos disyuntores desconectados para ver si algún operador de la planta notaba alguna anomalía o algún equipo sin alimentación, pasaron varios días y no se reportó nada extraño por falta de fluido eléctrico en zonas afectadas.

Por lo que se concluye que al pasar de los años ha habido remodelaciones y los circuitos eléctricos nuevos se han colocado en otros tableros u otros circuitos

eléctricos, y que no se han removido los breaker y cables de las instalaciones anteriores.

Como este hay muchos casos, en muchas localizaciones de las plantas, donde se lograron encontrar varios disyuntores que no tenían ninguna funcionalidad y otros donde nada más estaban conectado a las barras, sin embargo, estos se encontraban sin cableado eléctrico.

Siguiendo con el tema de los disyuntores y anomalías que se encontraron en estos, en otros, en un tablero que se ubica en el laboratorio de la planta de Cuidado Personal, unos disyuntores por ejemplo, de tres polos, alimentando una carga de iluminación monofásica, evidentemente se ve como del breaker sólo sale un cable, también en ese mismo tablero existen varios disyuntores de dos polos, los cuales los han estado usando para alimentaciones monofásicas, tanto de iluminación como de tomacorrientes generales (Ver siguiente Figura).

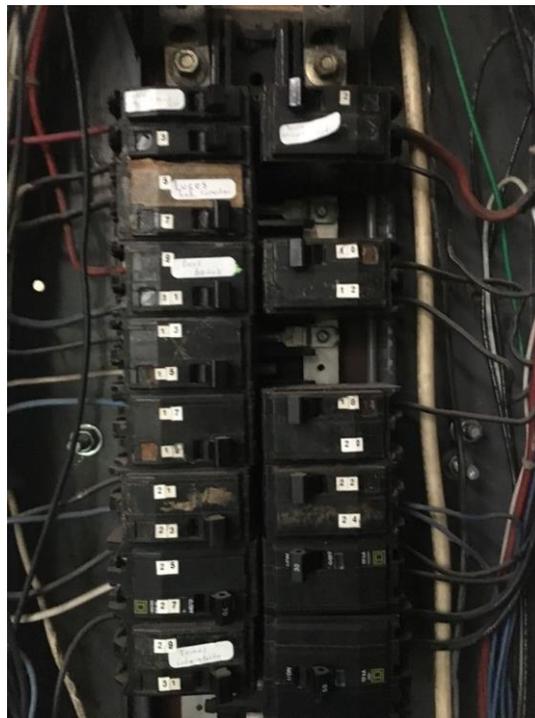


Figura 3.6 Disyuntores tablero CP

*Fuente: fotografía propia*



Figura 3.7 Disyuntores tablero Lab CP

*Fuente: Fotografía propia.*

En las figuras anteriores se puede observar como en algunos casos para alimentar ramales monofásicos utilizan disyuntores de 2 polos, y que para alimentar cargas de 240 V de 2 polos utilizan disyuntores de 3 polos.

Aparte de estas incongruencias en estos aspectos mencionados anteriormente, en la planta de alimentos se pudo encontrar un tablero que estaba a escasos metros de una zona de lavado de tarimas y bandejas, y como a 1 metro de altura, donde podría ingresar agua, totalmente descubierto, sin ninguna protección y a este le han venido conectando cargas recientes como se puede observar en la siguiente figura, se puede ver como esto es una mala práctica.

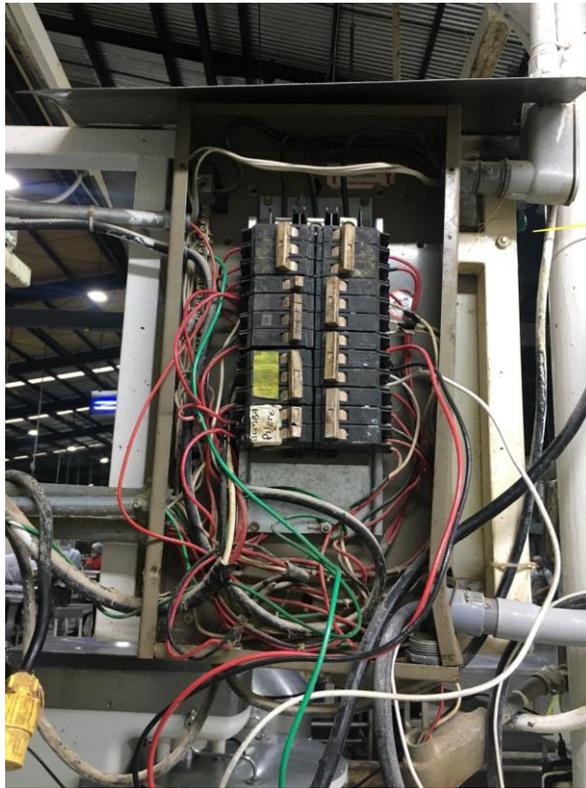


Figura 3.8 Tablero mal ubicado en planta de alimentos

*Fuente: fotografía propia*

Como se puede observar en la siguiente imagen, se ve como al final de la práctica, situaciones como la presentada anteriormente, donde el cableado se ve notablemente expuesto y un claro desorden, así como que no cuenta su respectiva tapa en el tablero, se han venido solucionando en algunas ocasiones.



Figura 3.9 Tablero con debida tapa

*Fuente: Fotografía propia*

Siguiendo con las anomalías, encontradas en la empresa, se puede apreciar, como es evidente como en la mayoría de los casos no cumplen con el código de colores, tanto en los cables utilizados para neutros como en cables utilizados para líneas, en la siguiente figura (Figura 3.10) se puede observar como existe un incumplimiento o no se respeta como debería ser el código de colores para los conductores conectados a la barra de neutros en uno de los tableros eléctricos, el cual debería de ser blanco.

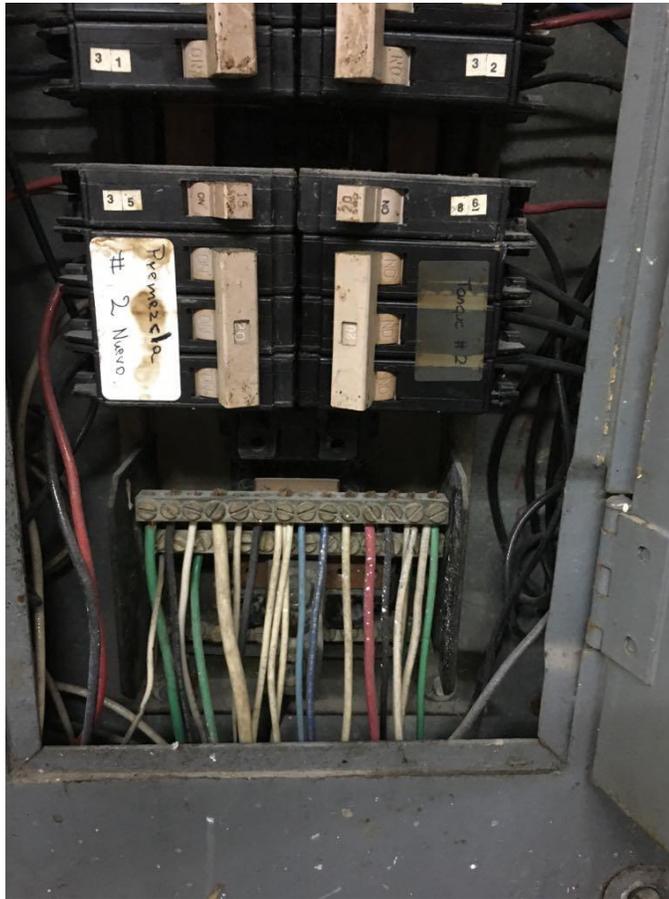


Figura 3.10 Barra de neutros, con código de colores mal utilizado

*Fuente: Fotografía propia*

Este mismo caso sucede en muchos de los tableros encontrados en las plantas tanto de cuidado personal como en la planta de alimentos, donde en muchos casos utilizan cables de color negro, rojo o verde en la barra de neutros, como se puede observar en las siguientes figuras.

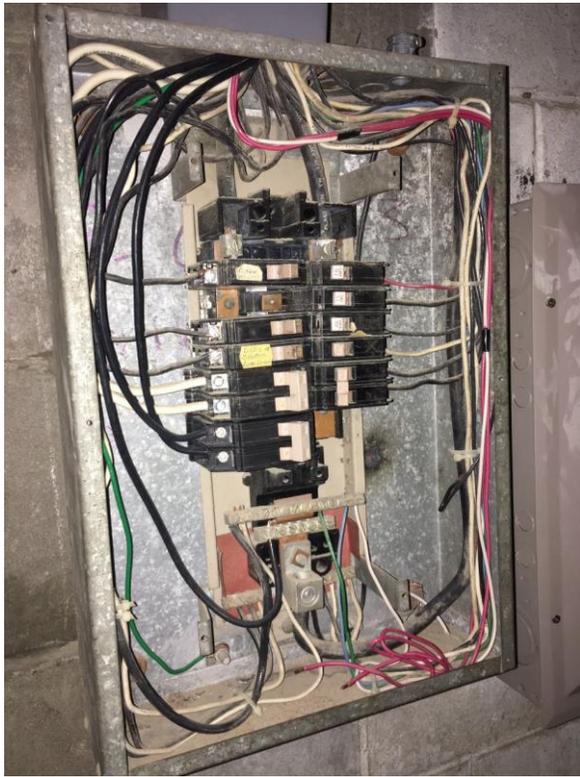


Figura 3.11 Tablero con mal código de colores  
*Fuente: Fotografía propia*



Figura 3.12 Tablero con mal código de colores  
*Fuente: Fotografía propia*

También aparte de que se puede observar como no se respeta el color blanco para los neutros, en muchos casos también se puede observar como no se respeta los colores: negro, rojo o azul para las líneas, como se puede apreciar también en las siguientes figuras.



Figura 3.13 Tablero con mal código de colores en líneas

*Fuente: Fotografía propia*

Tanto en la Figura anterior como en la siguiente Figura, donde se nota que son tableros distintos se puede observar como en un disyuntor sale cable de color blanco en sus líneas lo cual evidentemente no cumple con el código de colores.



Figura 3.14. Tablero con mal código de colores en líneas

*Fuente: Fotografía propia*

Continuando con las incongruencias, uno de los problemas más comunes, que se presentan más seguido en la mayoría de los tableros de la empresa, así como uno de los más graves es que no cuenta con ningún sistema de puesta a tierra, la mayoría de tableros de distribución, tableros secundarios y tableros principales, ni siquiera cuentan con barra de tierras, como lo establece el Código Eléctrico Nacional.

Eso por una parte, por otra parte la empresa en general, según he hablado con el ingeniero de planta, supervisor del área electromecánica del lugar, no cuenta con malla de puesta a tierra en ningún lado, lo que esto pone en peligro y aumenta el riesgo de fallos de muchos de los equipos, así como personal que labora ahí, podría estar expuestos a riesgos de descarga eléctrica, esto aunado a posibles problemas de distorsión armónica, problemas de factor de potencia y posibles errores intermitentes.

Si las corrientes de fallo no cuentan con una ruta adecuada a tierra a través de un sistema de conexión diseñado y mantenido de la forma apropiada, según lo

establece el Código Eléctrico Nacional, interconectado entre sí, podrían localizar rutas no esperadas que podrían finalizar dañando equipos o a las personas.

Siguiendo con esta grave anomalía, se encontraron algunos tableros donde se colocó como barra de tierras un tornillo conectado en la carcasa donde de ahí salen cables que van a algunos ramales. Pero evidentemente, esta práctica no está bien, estos problemas en los sistemas de puesta a tierra se pueden observar en las siguientes figuras.



Figura 3.15 Tablero sin barra de tierras

*Fuente: Fotografía propia*

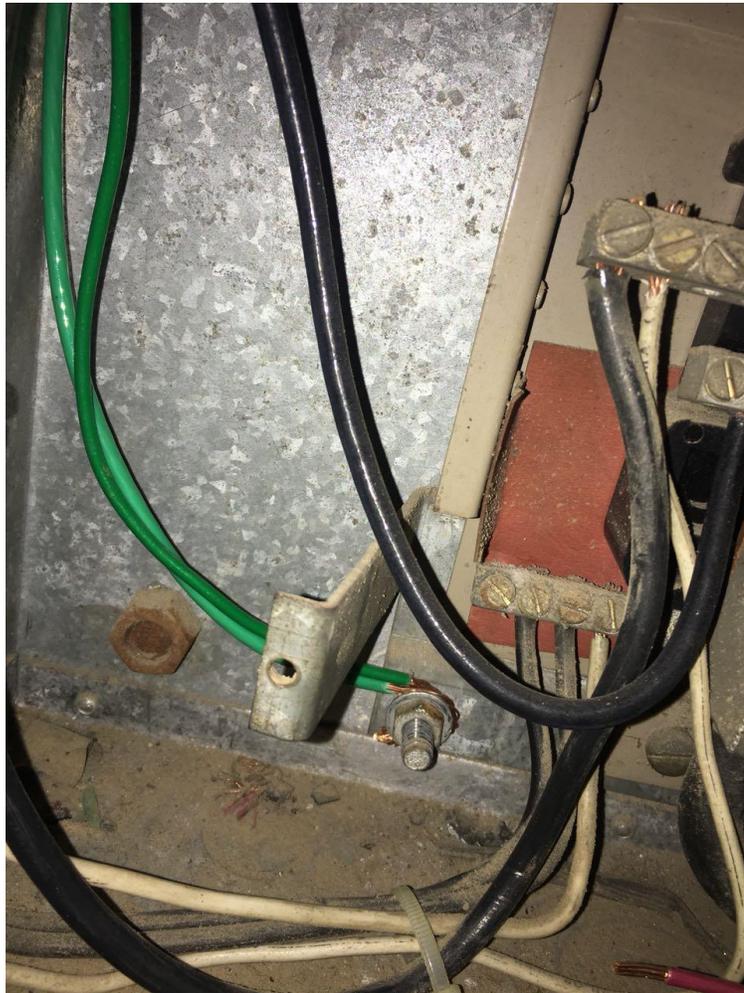


Figura 3.16 Tablero sin barra de tierras

*Fuente: Fotografía propia*

En las Figuras mostradas anteriormente, se puede ver como en estos casos no existe barra de tierras, donde se puede conectar el cable de aterrizado para los distintos ramales, por lo que la persona que hizo esta instalación o remodelación eléctrica, hizo esta mala práctica, la cual no es recomendable ya que no tiene una función óptima, y no aterrizaría una corriente de falla que circule por el circuito, y que si esta corriente de falla es muy grande puede ocasionar grandes problemas o grandes inconvenientes dentro de la instalación eléctrica.

Este problema de la falta de barras de tierras, básicamente, se encontró en todos los tableros tanto primarios, secundarios como tableros de distribución

### **3.2. Tableros eléctricos**

Como se ha mencionado anteriormente, el diseño actual de esta empresa cuenta con un total de 62 tableros eléctricos, distribuidos a lo largo de toda la compañía, de estos 62, se tienen 4 tableros primarios, los cuales son los que entregan o distribuyen energía a toda la planta, que son 2 por acometida.

De estos 4 tableros primarios salen 10 tableros secundarios, que entregan energía a otros tableros, 16 tableros trifásicos, los cuales alimentan a los motores o cargas trifásicas que hay a lo largo de la planta y 28 tableros monofásicos, los cuales como es conocido distribuyen y alimentan las cargas monofásicas como iluminación general, tomacorrientes generales y demás cargas.

Empezando por la acometida 1, la cual se encuentra por la entrada principal, esta cuenta con 2 tableros principales, que están uno al lado del otro, y que se localizan en el taller de mantenimiento electromecánico.

Estos tableros principales, alimentan todo lo que es la planta de cuidado personal, bodega de producto terminado, bodega de exportaciones, bodega Hampl, taller de mantenimiento electromecánico, toda el área de oficinas, así también como el cuarto de compresores y el sistema de oxigenación del agua de la planta de tratamiento, ubicada detrás del taller de mantenimiento electromecánico.

Los tableros que se localizan en la planta de cuidado personal son 5, que se dividen en secundarios, trifásicos y monofásicos, estos alimentan las cargas de motores eléctricos ubicados en esta área, bombas, máquina de extrusión de jabón, bandas transportadoras, así como iluminación y tomacorrientes generales.

Los tableros que se localizan en la bodega de producto terminado, existen un tablero secundario que también alimenta otros tableros que se encuentran en el segundo

piso de las oficinas de gerencia y junta directiva, también existen unos tableros dentro de esta bodega que alimentan la parte de iluminación, tomacorrientes generales de unas oficinas que se encuentran en esta bodega y en la bodega de exportaciones, así como un aire acondicionado.

Un sub alimentador que va hacia la bodega Hampl tiene poca carga demandada ya que es una bodega que se utiliza muy poco por los dueños de la empresa, también alimenta unas lámparas en un parqueo detrás del taller de mantenimiento electromecánico.

El que se encuentra en el taller de mantenimiento electromecánico, distribuye energía eléctrica a toda esta área, aparte del taller de ebanistería, distintas máquinas que se encuentran aquí, como los son máquinas de soldar, un torno, una fresadora, y distintas herramientas eléctricas, así como toda la iluminación y tomacorrientes generales de esta área.

De uno de estos tableros principales sale un sub alimentador hacia un tablero que se encuentra en la planta baja de las oficinas de gerencia y junta directiva, la cual alimenta los aires acondicionados que se encuentran allí, toda la iluminación general y tomacorrientes generales que alimentas distintos equipos en estas oficinas.

También, de estos tableros principales, sale un sub alimentador que ve al cuarto de compresores, donde hay 2 compresores, estos no trabajan simultáneamente, trabaja uno cada mes, también sale un sub alimentador hacia la planta de tratamiento donde suministra energía eléctrica a un sistema de oxigenación que se compone de un par de bombas sumergibles y un soplador de aire, así como la iluminación de este cuarto.

En cuanto a la acometida 2, la cual se localiza por detrás de la planta de alimentos, la cual justamente se localiza en esta planta, que de igual forma cuenta con 2 tableros principales, uno al lado del otro.

Estos tableros principales, suministran energía eléctrica a toda la planta de alimentos, la bodega de materia prima, la cancha de fútbol 5, así como las oficinas de la parte administrativa.

En la planta de alimentos, hay 2 tableros secundarios que alimentan otros tableros, donde también hay 11 tableros trifásicos, que suministran energía eléctrica, a todas las máquinas y motores trifásicos de la planta, hornos, empacadoras verticales, empacadoras horizontales, laminadoras, trinchadoras, entre otras, también dentro de la planta existen 6 tableros monofásicos que alimentan todas las cargas monofásicas que se localizan dentro de la planta, como lo son iluminación, tomacorrientes generales, aires acondicionados, entre otras.

También de estos tableros principales, sale un sub-alimentador a la bodega de materia prima, este tablero alimenta lo que son la iluminación de toda esta área, los tomacorrientes que se encuentren ahí, una zona de cuarto frío, entre otras cargas que se localicen en el área de la bodega de materia prima.

Cerca de la cancha de fútbol 5, se localiza un tablero, este tablero distribuye o alimenta energía a la iluminación de la cancha, así como iluminación y tomas generales en los sectores de camerinos, baños y la parte del comedor que se ubica detrás de la cancha.

Asimismo, sale un sub-alimentador de estos tableros principales a unos tableros monofásicos que se ubican en las oficinas administrativas y en el comedor, y estos alimentan lo que son las oficinas de soporte técnico, computación, los servidores, otras oficinas que se encuentran en esta área, así también alimentan la parte del comedor que se localiza ahí.

En el diseño eléctrico actual, según las visitas de campo realizadas durante la práctica, se pudo observar como existen tableros que no tienen una gran utilidad, ya que, en algunas ocasiones, por ejemplo, hay un tablero de 40 posiciones, que

actualmente sólo tienen pocas posiciones ocupadas, como se puede mostrar en la siguiente figura, de un tablero ubicado en el comedor del área administrativa.

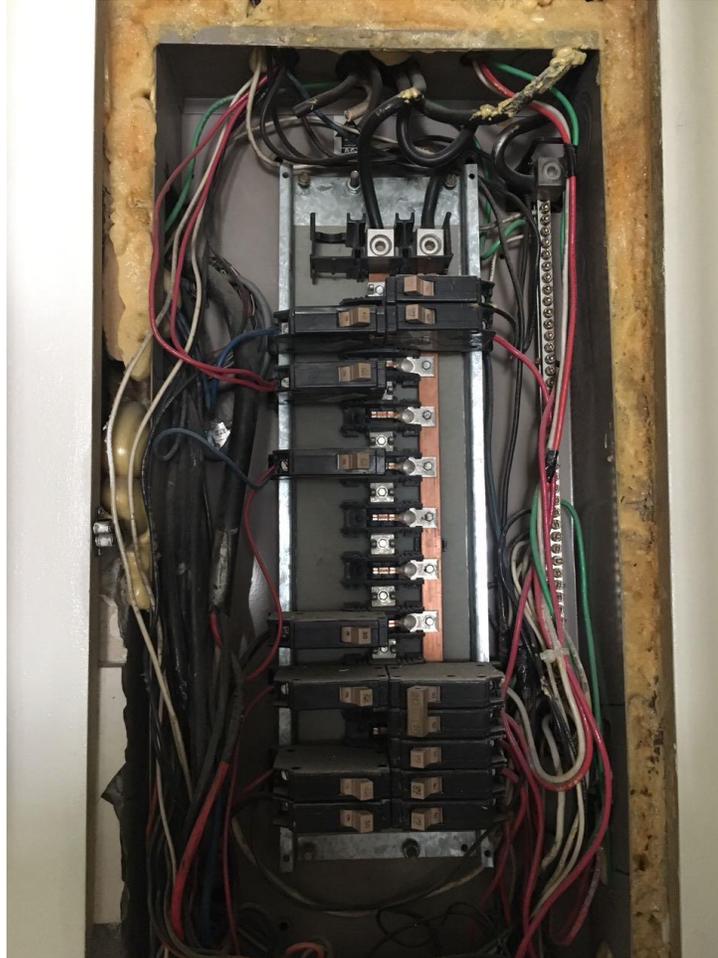


Figura 3.17 Tablero comedor administrativo

*Fuente: Fotografía propia*

Como este hay muchos tableros que no tienen una utilidad o una función adecuada, por lo que, para el diseño propuesto, habrá una optimización en la cantidad de tableros utilizados a lo largo de toda la empresa, así como mejorar la funcionalidad de estos con una mejor selección de los tableros que se deberían utilizar, esto contemplando las cargas máximas que se van a tener en cada uno, así como la cantidad de posiciones que se van a ocupar.

Para el diseño propuesto se sugiere tener un tablero principal por acometida, ya que actualmente que existen 2 en cada acometida, se puede notar como en ocasiones de un tablero principal con 10 disyuntores que sólo 4 se están ocupando (como se muestra en la siguiente figura).



Figura 3.18 Tablero principal acometida 1

*Fuente: Fotografía propia*

Esta figura al igual que en la figura siguiente como se pueden observar no está siendo utilizado en su totalidad en la figura 3.19 no se nota, pero en este tablero de también 10 breakers, solo tiene 3 utilizados, por lo que se confirma lo que mencionaba anteriormente, que se podría optimizar a solo uno por acometida.



Figura 3.19 Tablero principal acometida 2

*Fuente: Fotografía propia*

También se propone a como está actualmente, un tablero en la parte del taller electromecánico pero con una mejor distribución de sus cargas, se sugiere para la planta de cuidado personal un tablero secundario, que alimente otros tableros tanto trifásicos como monofásicos, para una correcta distribución de las cargas en esta área, no como está actualmente que hay un total de 5 tableros, pero con una distribución inadecuada de las cargas, y se puede observar como en algunos casos, no se está ocupando la cantidad de espacios disponibles en cada tablero.

Asimismo se recomienda, que en cada bodega haya un tablero de la cantidad de espacios que se vayan a ocupar, obviamente contemplando un poco el aspecto de futuras ampliaciones, pero sin desperdiciar cantidad de espacios en los tableros

como actualmente está ocurriendo en la bodega de producto terminado ya que cuenta con 3 tableros grandes los cuales tienen conectados casi en todos sus espacios un disyuntor pero se logró verificar que en algunos casos tanto el disyuntor como el cableado no alimentaba ninguna carga.

Conjuntamente, se sugiere que para el sector de oficinas haya una adecuada distribución de las cargas para una correcta selección de los tableros en esta área no como actualmente está constituida, más detalles se darán a profundidad más adelante, por medio de tablas de resumen.

Con respecto a la acometida 2, también se sugiere un solo tablero principal que suministre energía a la planta de alimentos ya que como en la acometida 1 también hay una incorrecta distribución de los sub alimentadores y se podrían colocar o distribuir los existentes en uno solo, aparte de una correcta distribución de estas cargas, así como de los mismos tableros que se colocarán en la planta de alimentos.

También se hará una optimización del tablero que alimenta la cancha de fútbol 5, ya que esta cuenta con una cantidad de espacios los cuales no todos están siendo utilizados correctamente.

De igual forma que en la parte de la bodega de producto terminado aquí en la bodega de materia prima hay más tableros de los que se deberían de utilizar, así como una incorrecta distribución de las cargas y los espacios de cada tablero, por lo que aquí también se podría mejorar este aspecto.

### **3.3. Circuitos ramales**

Después de haber tomado en cuenta los tableros que existen en la instalación actual, y en grandes rasgos los que se proponen y la ubicación para la propuesta de rediseño que se está planteando, a continuación, se va a mencionar algunos criterios de diseño, para el tema de los circuitos ramales como lo son, selección de calibres de conductores, protecciones y ductos.

### 3.3.1. Potencia eléctrica.

Para este apartado con respecto a los circuitos ramales, para cargas generales o equipos no tan específicos como motores grandes, es necesario agrupar algunas cargas, como tomacorrientes generales, iluminación, entre otras, los cuales cada grupo de estos tienen una potencia asociada, la cual es estimada o calculada según sea conveniente.

En el caso de la iluminación en la planta de alimentos, se constituye en la mayoría por lámparas de LED, las cuales han venido sustituyendo las lámparas industriales del tipo METALARC, esto como se ha mencionado ya que los dueños de la empresa tienen una mentalidad muy ambientalista y procuran en la medida de lo posible generar la menor cantidad de calor para así ayudar al ambiente en lo que esté en sus manos con el aumento del calentamiento global, así como en la reducción del consumo, en otros casos también se logra encontrar lámparas tipo fluorescentes de 2 o 4 tubos, las lámparas LED tienen un consumo de 150 VA y las lámparas tipo fluorescentes de 75 VA, estas lámparas fluorescentes también se piensan ir cambiando ya que se dicen que a la hora de terminar su ciclo de vida útil contaminan el ambiente, esto se ha contemplado también en la propuesta de rediseño.

Para seguir con el ejemplo anterior, se utilizarán circuitos ramales, por separado para las lámparas LED y para las lámparas fluorescentes así también como para las lámparas del tipo METALARC que han quedado en la planta.

Según el levantamiento de cargas los tipos LED, hay un total de 3,24 kVA, se pondrían en un disyuntor de 30 A de un polo, por lo que con solo un circuito ramal podría alimentar este tipo de iluminación, según el cálculo que se presenta a continuación.

$$\frac{3240}{120} * 1,25 = 33 A$$

Pero tomando en cuenta una posible ampliación en este ramal, o en algún caso una posible utilización completa de todas las lámparas se utilizará un 25% más de lo calculado anteriormente, por lo que se utilizará un disyuntor de 40 A, aunque no todas las lámparas permanecerán encendidas en un mismo momento, ya que se utiliza mucho la luz natural, como política de la empresa, se utilizará un factor de ampliación del 25%.

Para el caso de los tomacorrientes generales, para la estimación de la potencia se hace uso del Código Eléctrico Nacional, según se especifica en el artículo 220.14 (K), que menciona que hay que tomar 180 VA por cada salida de tomacorriente doble o si son más de 2, se toma 90 VA por cada salida sencilla.

Siguiendo el ejemplo que se ha venido utilizando el de la planta de alimentos, específicamente en el laboratorio que se ubica ahí, hay una cantidad de 7 tomacorrientes generales dobles.

$$7 \times 180 \text{ VA} = 1260 \text{ VA}$$

Se ha venido mencionando los circuitos ramales para cargas generales, pero en ocasiones tenemos cargas a las que le llamaremos cargas o salidas especiales, donde en estos casos se utilizará la potencia nominal de cada equipo. Por ejemplo, máquinas de la planta de alimentos, bandas transportadoras, hornos, aires acondicionados, máquinas o batidoras de la planta de cuidado personal, entre otros.

Para seguir con ejemplo de la planta de alimentos, para este caso se utilizará uno de los hornos, que según el dato de placa cada horno consume una potencia de 4,62 kVA, ya con respecto a esta potencia se realizarán los cálculos para la selección de protecciones y de conductores.

### **3.3.2. Calibres**

Para la selección de los conductores se tomará como base lo estipulado en el Código Eléctrico Nacional en la tabla 310.16 (esta tabla se podrá encontrar en Anexos), ya

que se está trabajando con menos de 2000 V, y según menciona en la parte superior de la tabla se trabajará con canalizaciones.

Cuando se utilice esta tabla y se seleccionen cables se deben de tener en cuenta dos factores importantes, los cuales se deben de aplicar estas correcciones. El primero es la corrección por agrupamiento y el segundo es el factor de corrección por temperatura ambiente de la localidad, en este diseño no se aplicará el factor de corrección por la temperatura ambiente.

El factor de corrección por agrupamiento como se especifica en la tabla 310.15 (B) (2) (a) como lo dice la palabra se utiliza cuando se tenga 3 o más conductores portadores de corriente agrupados en una misma canalización.

El factor de corrección por temperatura se puede encontrar en la misma tabla de ampacidades (Tabla 310.16 del NEC) y se toma en cuenta sí y solo sí cuando la temperatura ambiente es menor a los 30 °C.

Se le solicitó al Instituto Meteorológico Nacional (IMN) por medio de su página oficial de Internet, donde se le envió un correo, requiriendo una tendencia de las temperaturas de la estación más cercana a la empresa BioLand ubicada en Tres Ríos de Cartago.

A continuación, en la siguiente tabla se mostrará la tendencia que suministró el IMN, para con ello respaldar la decisión de no utilizar este factor de corrección por temperatura que sugiere el NEC. Esta información fue recopilada a lo largo de todo el año 2016, en la estación 84 181 Iztarú, ubicada en Tres Ríos, con una latitud de 09°53'N, longitud de 83°58'O y una altitud de 1680 m.s.n.m.

**Tabla 3.1** Tendencia de temperatura de la estación de medición de Iztarú del IMN durante el 2016

Parámetro	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Máx. (°C)	19,7	20,7	21,7	23,0	22,8	22,8	22,0	22,6	23,1	22,1	20,6	19,9
Med. (°C)	15,9	16,3	17,1	18,3	18,7	18,7	18,1	18,4	18,7	18,2	17,2	16,3
Min. (°C)	12,0	11,8	12,4	13,5	14,5	14,6	14,2	14,2	14,2	14,3	13,7	12,7

*Fuente: Instituto Meteorológico Nacional*

Vale mencionar también que la tabla 310.16 donde vienen los calibres de los conductores, así como las ampacidades de los mismos, vienen tres columnas donde brinda tres temperaturas de trabajo para los conductores como lo son 60, 75 y 90 °C. Para este proyecto se trabajará en dos de estas columnas cuando se tiene una corriente menor a 100 A se trabajará con 60 °C y cuando se tenga una mayor a los 100 A se utilizará la columna de los 75 °C, como lo dicta el artículo 110.14 en las secciones (C) (a) y (C) (b).

A modo de ejemplo se tomará un circuito ramal de uno de los hornos el cual como se mencionó anteriormente tiene una demanda de 4,62 kVA, trabajando con un voltaje de 240 V. con el siguiente cálculo se podrá obtener la corriente que consumiría este equipo.

Como otro dato o aspecto importante a tomar en cuenta a la hora de seleccionar el calibre del conductor es si en la aplicación hay o no servicio continuo (3 o más horas de uso continuo). Porque al seleccionar la ampacidad de este conductor se debe de tomar en cuenta el 125% de la corriente, como se observa también en la siguiente ecuación.

$$\frac{4620}{240\sqrt{3}} * 1,25 = 15 A$$

Sabiendo esta corriente, se procede a ir a la tabla 310.16 en la columna de 60 °C por ser menor a 100 A y se nota que para 15 A se podría utilizar cable AWG #14 que tiene una ampacidad de 20 A, sin embargo, ahora como mínimo se recomienda cable AWG #12 el cual tiene una ampacidad de 25 A, con un breaker de 20A.

Otros casos donde se utiliza más a menudo los cálculos para calibres de cables utilizando servicio continuo es en la parte de iluminación, el ramal de iluminación de fluorescentes en el área de planta de alimentos en el laboratorio, según el

levantamiento de cargas es de 1,12 kVA, con la siguiente ecuación se podrá calcular la corriente para la selección del calibre del conductor.

$$\frac{1120}{120} * 1,25 = 12 A$$

Asimismo, es importante aclarar que para estos casos de cálculos de ramales y sus debidos calibres de conductores, hay que tomar en cuenta las caídas de tensión según el artículo 210.19 (A)(1) NLM No. 4, que menciona que no se debe de tener una caída de tensión para circuitos ramales mayor al 3%.

Vemos que para este caso el calibre AWG #12 en THHN es el más adecuado tomando en cuenta que tiene una ampacidad de 25 A y que la caída de voltaje en ese circuito ramal es menor a 3%, según el cálculo hecho en la hoja de Excel es de 2,85%.

Hubo ocasiones donde esta caída de tensión era mayor al 3% para algunos ramales, una de las primeras acciones que se deben de tomar cuando se presente alguna anomalía como estas, es aumentar el calibre del conductor para con ello disminuir la resistencia eléctrica del mismo, pero en ocasiones no es suficiente, cuando no es suficiente lo que se realiza es dividir los circuitos ramales, por ejemplo, si se tienen 18 tomacorrientes generales pero a una distancia considerable donde sí se aumenta el calibre no es suficiente para disminuir esta caída lo que se realiza es dividir en 2 circuitos ramales, así se podrá disminuir la caída de tensión.

Siguiente el ejemplo del horno, para este caso de donde se alimenta este horno, hay una distancia de 34 m es la distancia más grande con respecto a este tablero se refiere, que se ubica por la batidora MS, calculando la caída de tensión como se mencionó anteriormente para un calibre de cable #12 se obtiene:

$$CV = \frac{kIL}{30,48} = \frac{0,2632 * 11,11 * 34}{30,48} = 3,26 V$$

$$\%CV = \frac{CV * 100}{V} = \frac{3,26 * 100}{240\sqrt{3}} = 0,78\%$$

Dónde:

k: Es la caída de tensión por amperio por cada 30,48 m de longitud de conductor.  
(Ver en anexos)

l: Es la corriente sin tomar en cuenta factores de corrección.

L: Es la distancia máxima en un ramal.

V: El voltaje que alimenta el equipo.

Dado estos 2 cálculos obtenidos anteriormente se puede observar como la caída de tensión no supera los 3% por lo que el calibre del cable seleccionado se encuentra bien escogido.

Para la selección del calibre del cable de puesta a tierra para cada circuito ramal, se utiliza una técnica un tanto distinta de la que se ha usado para la selección de los conductores para líneas y neutro, para este caso de selección de conductores de puesta a tierra se utiliza la tabla 250.122 (Ver anexos) del Código Eléctrico Nacional, y dice que los conductores de puesta a tierra no debe de ser inferior al señalado en la tabla, pero tampoco debe de ser superior al calibre de los conductores que alimentan al equipo respectivo.

Para la selección del calibre de estos conductores según esta tabla mencionada anteriormente, ocupamos haber seleccionado con anterioridad la protección que voy a utilizar en dado circuito ramal (la selección de protecciones se detalla en el siguiente apartado).

Como modo de ejemplo se va a utilizar el circuito ramal para un extrusor ubicado en la planta de cuidado personal, donde a continuación se detalla el cálculo para la corriente según el dato de placa, la cual menciona que es de 17 kVA.

$$\frac{17000}{240\sqrt{3}} * 2,5 = 102 A$$

Primero mencionar que el 2,5 equivale al 250% de la corriente nominal del motor, porque según el NEC en la tabla 430.52 (Ver anexos), aclara que para motores trifásicos para la selección del disyuntor se utiliza al 250%. Ahora bien, para este ejemplo se utilizará un disyuntor de 100 A (en este caso sí está bien seleccionado) por lo tanto, según la tabla 250.122 del NEC para este disyuntor se ocupa un calibre AWG #8 en THHN para su tierra y AWG #2 THHN para sus tres fases, pero como se ha venido mencionando no posee puesta a tierra, lo cual es un grave error en el diseño eléctrico actual.

### **3.3.3. Protecciones**

En esta selección se detallarán aspectos importantes para la selección de las distintas protecciones, importante saber que los disyuntores trabajan a un 80% de su capacidad. Su funcionamiento principal es tener la capacidad de dejar pasar la corriente que consume cada equipo o cada circuito ramal, pero también, debe de impedir o interrumpir el paso de la corriente en caso de una sobre-corriente o un corto circuito, o interrumpir el suministro eléctrico en caso que la corriente sea mayor a la capacidad del cable.

Además de conocer la capacidad del disyuntor de proteger tanto el conductor como el equipo o equipos que se estén alimentando, es importante saber y conocer que estos dispositivos también se deben de seleccionar según la cantidad de fases que vaya a alimentar, o dicho de otra manera, la cantidad de polos de cada dispositivo de protección, por ejemplo si voy a alimentar un circuito ramal monofásico, pues, evidentemente mi dispositivo de protección deberá ser de un polo, por otra parte si es un circuito ramal que alimente a 240 V deberá tener 2 polos, en cambio sí voy a alimentar una carga trifásico, infaliblemente, deberá de tener un disyuntor de 3 polos.

Como ejemplo de cálculo para la selección de protecciones, para este caso se harán en las oficinas de gerencia y junta directiva, para tomacorrientes generales en la planta baja se tiene un total de 3,6 kVA, esto se va a dividir en 2 circuitos ramales, para no sobrecargar mucho solo uno, entonces se tendrán 2 de 1,8 kVA cada uno, con un voltaje de 120 V, por lo que se tendrá 15 A, se seleccionará un conductor calibre AWG # 12 que tiene una ampacidad de 25 A, para este caso se seleccionará una protección o disyuntor de 20 A y de un polo protegiéndome así el conductor.

Entre las especificaciones para la selección de un disyuntor es importante tomar en cuenta la capacidad interruptora de corto circuito

Para los bancos de capacitores se recomienda un disyuntor de un 135% de la corriente que consume cada banco de capacitores, según el artículo 460.8 del NEC, en BioLand, hay un banco de capacitores de 54,8 kVAR, con la siguiente ecuación se podrá observar cómo debe de haber un disyuntor de 175 A.

$$\frac{54800}{240\sqrt{3}} * 1,35 = 176 A$$

#### **3.3.4. Ductos.**

Para este capítulo se debe de tomar en cuenta muchos aspectos importantes para la selección de los ductos donde se pasarán los conductores.

En esta empresa en la mayoría de lugares, los conductores se transportan por medio de aeroductos o canalizaciones de hierro que se enganchan al techo para que tengan un mayor soporte, y por estos pasan los conductores, para los ramales más pequeños donde pasan menos conductores, se utiliza tubería Conduit PVC o tubería EMT en algunos casos.

Uno de los aspectos que se deben de tomar en cuenta, se menciona en la tabla 1 del NEC (Ver anexos) dice que cuando se tiene más de dos conductores en una canalización se debe usar como máximo el 40% del área de la sección transversal de

esta canalización o ducto, estas secciones transversales se toman de la tabla 4 del NEC (Ver anexos) mientras que el área de los conductores se toman de la tabla 5 del NEC (Ver anexos).

A continuación, se explicará la información anteriormente dada, mediante un ejemplo de uno de los ramales que salen de un tablero del segundo piso de las oficinas de la gerencia y junta directiva, donde el circuito ramal para iluminación de esta sección con una carga de 1,4 kVA, con un conductor AWG #12 THHN, como se mencionó anteriormente, según la tabla 5 del NEC, cada conductor tiene un área transversal de 8,581 mm<sup>2</sup>, por lo consiguiente se tiene:

$$A = 3 * 8,581 \text{ mm}^2 = 25,7 \text{ mm}^2$$

Con el dato obtenido en la ecuación anterior se busca de la tabla 4 del NEC cual ducto tiene un 40% de su área transversal mayor a este valor, todos los ductos que aparecen en esta tabla cumplen con lo solicitado, por lo que se podrá seleccionar un ducto de 13mm (1/2”).

Como se mencionó anteriormente para la mayoría de los casos son aeroductos, para estos casos se utiliza lo recomendado por el fabricante, buscando algunos catálogos (Ver anexos), se puede observar como Eaton menciona que no se debe exceder el 20% de la sección transversal del aeroducto.

### **3.4. Sub alimentadores.**

Uno de los errores más comunes que se comete a la hora de diseñar o seleccionar lo que son los sub alimentadores, tanto calibres de conductores como sus debidas protecciones, es sumar todas las corrientes de cada fase, haciéndose de esta forma se tendrán calibres de conductores sobre dimensionados, lo cual aumentaría considerablemente los costos del diseño.

El código Eléctrico Nacional propone algunos factores de demanda para algunas aplicaciones u ocupaciones en específico, como en unidades de vivienda, así

también como distintas a las de unidades de vivienda como se muestran en la tabla 220.42 (Ver anexos) para sistemas de iluminación y en la tabla 220.44 (Ver anexos) para tomacorrientes generales.

A pesar de que existen estos datos que brinda el NEC, si sólo se utilizaran estos de igual forma tendríamos alimentadores sobredimensionados, aunado a esto de igual forma casi no menciona recomendaciones para factores de demanda de equipos industriales, o motores.

Dado lo anterior, para obtener un mejor análisis y cálculos para los sub alimentadores se ocupó la ayuda y la experiencia del área de producción, de mantenimiento y técnicos que conocen más de la parte operacional de la empresa, y se reajustaron los factores de demanda y se adecuaron según las experiencias de ellos, de acuerdo a análisis de cargas horarias para diversos equipos en las plantas esto como se puede observar en la hoja de Excel adjuntada a este documento.

#### **3.4.1. Sub alimentadores en acometida 1.**

Esta acometida presenta 2 tableros principales, los cuales en primera instancia lo que se realizará es identificar que tableros secundarios alimentan estos, ya que como se ha venido mencionando, esta carece de directorios y no se tiene una identificación que ayude con este proceso.

En el tablero principal A, salen 8 sub alimentadores hacia tableros secundarios, a continuación, se darán algunos ejemplos de cálculos de los alimentadores, referente al calibre de estos conductores, así como sus respectivas protecciones, tomando en cuenta factores de demanda.

##### **1. Sub alimentador a tablero secundario rampa (TPR-01, Planta alimentos):**

Este tablero se instaló por la necesidad de que a menudo se tenían problemas con la acometida 2, la cual se encuentra en la planta de alimentos de que presentara fallos, o problemas de suministro eléctrico, por lo que se instaló este tablero desde la acometida 1, para así alimentar una parte pequeña de esta planta para que en dado

caso que hubiera una falla en esa acometida, al menos esta pequeña sección de la planta no se viera afectada.

Este tablero sustenta de energía eléctrica a máquinas como la batidora MS, 2 hornos, una máquina de empaque vertical, algunas máquinas de empaque horizontal, y algunos otros equipos, así como algunos tomacorrientes y luces generales.

De acuerdo a factores de demanda estimados, con ayuda de la experiencia de los operadores o técnicos se procedió al cálculo para verificar en qué estado se encuentra este conductor y su debida protección, a continuación, se podrá observar.

Importante aclarar que estos factores de demanda se encuentran tabulados en un archivo en Excel donde por medio de cargas horarias se logró dimensionar este aspecto tan importante para la realización de cálculos para la selección de conductores y protecciones.

**Tabla 3.2** Tablero TPR

Descripción	Potencia instalada (kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Hornos	9,24	60%	5,544
Empaque vertical	2,97	80%	2,376
Batidora MS	17,35	40%	6,94
Alternativos	5,7	50%	2,85
Iluminación	0,6	100%	0,6
Tomacorrientes	0,7	80%	0,56
Total	35,56	53%	18,87

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

Teniendo esta potencia total demandada, se procede a hacer el cálculo para la corriente, así como para el calibre del conductor y la protección.

$$\frac{18870}{240 * \sqrt{3}} * 1,25 = 56A$$

Para este sub alimentador que alimenta este tablero se podría utilizar un breaker de 60 A, actualmente existe uno de 225, el cual evidentemente se encuentra totalmente

sobredimensionado. Con respecto al calibre del conductor se elige de acuerdo al breaker, no menor a la ampacidad de este, ya que una de las funciones de este es proteger al conductor de una sobre corriente, el calibre que se debería utilizar es el #6, 1 por fase y 1 para neutro, con tierra #10, el calibre que tiene actualmente es un 3/0, por lo cual se puede decir que está sobredimensionado también, al igual que la protección en este caso.

## 2. Sub alimentador tablero bodega producto terminado (TBPT-01).

Este tablero secundario, alimenta la parte de oficinas de junta directiva y gerencia en la planta alta, bodega de exportaciones, así como la bodega misma de producto terminado.

De acuerdo a factores de demanda estimados para esta sección de este sub alimentador se procedió al cálculo para verificar en qué estado se encuentra este conductor y su debida protección, a continuación, se podrá observar.

**Tabla 3.3** Tablero BPT-01

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
A/C oficinas	16,24	100%	16,24
Iluminación	8,17	70%	5,72
Tomacorrientes	8,09	80%	6,47
Total	32,5	87%	28,43

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Teniendo esta potencia total demandada, se procede a hacer el cálculo para la corriente, así como para el calibre del conductor y la protección.

$$\frac{23560}{240} * 1,25 = 123 A$$

Por lo que se podría utilizar un breaker de 125 A, actualmente existe uno de 225, que evidentemente se encuentra totalmente sobredimensionado. Con respecto al calibre del conductor, el que se debería utilizar es el #1/0 en THHN, 1 por fase y 1 para neutro, con tierra #6, el calibre que tiene actualmente es un 350 mcm, por lo cual se

puede decir que está sobredimensionado, al igual que la protección, en este caso el breaker no está protegiendo el conductor.

### 3. Sub alimentador planta tratamiento.

Este sub alimentador suministra energía a un soplador con un motor eléctrico de 10hp, en el caso de este sub alimentador, esta sería la carga más grande, también a un par de bombas que se encuentra en la planta de tratamiento y una luminaria que se encuentra en el sitio.

De la tabla que se muestra a continuación, se va a calcular el calibre y la protección para este alimentador y con ello verificar si está bien o no el que está actualmente.

**Tabla 3.4** Sub alimentador planta tratamiento

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Motor	7,5	100%	7,5
Iluminación	0,15	40%	0,06
Tomacorrientes	0,18	100%	0,18
Bombas	2,24	100%	2,24
Total	10,07	99%	9,98

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Para este caso como se trata de motores que trabajan continuamente se debe de tomar en cuenta un factor por carga continua del 125%, aparte que el motor de 10 hp tiene un factor de servicio de 1,15 y según el NEC en el artículo 430.32 para un factor de servicio de 1,15 indica que se debe de aplicar un 125% más a la corriente nominal de este motor, más las sumas de las otras cargas, pero la selección de este sub alimentador así también como del disyuntor.

$$\frac{7500}{240\sqrt{3}} = 18,04 A$$

$$18,04 * 1,25 * 1,25 = 28,19 A$$

Esta corriente obtenida anteriormente, se le debe de sumar las corrientes de las demás cargas.

$$\frac{2480}{240\sqrt{3}} = 5,96 A$$

$$28,19 + 5,96 = 34,16 A$$

Para este caso se debería utilizar un disyuntor de 40 A, el de 125 A que se encuentra actualmente está sobredimensionado y eventualmente no está protegiendo al equipo adecuadamente de una sobrecarga.

El calibre del conductor que se debe de utilizar para este alimentador es el #8, 1 por fase y un #10 para tierra, actualmente existe un #2 para cada fase por lo que se encuentra sobredimensionado, aunado a esto se evidencia que este disyuntor que se encuentra actualmente no protege al cable y además de no poseer tierra.

#### 4. Banco de capacitores.

En esta sección se evidenciará como está diseñado el banco de capacitores en cuanto a su sub alimentador.

Según el NEC 460.8 para un banco de voltaje menor a 600v tanto el conductor como el breaker se seleccionan al 135% de la capacidad de corriente nominal, existe un banco de cuatro capacitores de 13,7 kVAR cada uno, a 240v por lo que la corriente nominal es de 131,8 A, al 135% se obtiene una capacidad de corriente tanto para el conductor como para el breaker de 178 A, se deberá de colocar un breaker de 175 A y actualmente existe uno de 400 A, estando ampliamente sobredimensionado, con respecto al calibre del conductor, tiene que ser calibre 2/0 por fase, el calibre del conductor si se encuentra bien diseñado, claramente el disyuntor no está protegiendo al conductor.

Seguidamente, se mencionarán algunos ejemplos de los sub alimentadores que se encuentran en el tablero principal B, donde se encuentran solamente cuatro.

1. Sub-alimentador tablero taller electromecánico (TST-01).

Este alimenta toda el área del taller, comedor, sector ebanistería, bodega de taller entre otras áreas.

De acuerdo a factores de demanda que se calcularon y estimaron en esta sección es como se van a calcular la protección principal de este tablero, así como si el calibre de este se encuentra bien seleccionado.

**Tabla 3.5** Tablero taller electromecánico

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Máquinas taller	21	70%	15
Iluminación	1,92	90%	1,8
Tomacorrientes	2,88	90%	2,6
Total	25,8	75%	19,4

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Según estos datos obtenidos en la tabla anterior tenemos una carga total de 19,4 kVA aplicando todos los factores de demanda posibles en esta sección, sabiendo que tenemos un voltaje trifásico de 240V, con la siguiente ecuación se puede obtener la corriente.

$$\frac{19400}{240 * \sqrt{3}} * 1,25 = 58A$$

Por lo que se podría utilizar un breaker de 60 A, el de 100 A que se encuentra actualmente está sobredimensionado, con respecto al calibre del conductor de este alimentador se debería utilizar el #4, 1 por fase y 1 para neutro, con tierra #8, para este apartado del calibre del conductor de acuerdo a la revisión hecha en campo, se pudo comprobar que este se encuentra bien diseñado, sin embargo, como se ha mencionado en ocasiones anteriores, debido a que la protección se encuentra sobredimensionada, esta no protege al conductor.

## 2. Sub alimentador laboratorio cuidado personal.

Esta sección alimenta básicamente, a la parte del laboratorio de cuidado personal, comedor, baños, e iluminación de la bodega o lavado de tarimas como lo refiere el tablero principal.

Este tablero se encuentra ampliamente sobredimensionado, ya que cuenta con muchas posiciones sin ninguna función en específico, a pesar que casi todas las posiciones cuentan con breaker y salidas, sin embargo, estas no están conectadas a ninguna carga, según pruebas y mediciones hechas en el sitio.

Otro punto que se debe destacar es que de este tablero salen 6 ramales, sin embargo, estos ramales lo más que alimentan es 3 tomas dobles o 3 lámparas fluorescentes, con breakers de 20 A cada ramal, estando también sobredimensionado cada ramal.

Dado a mediciones mencionadas anteriormente, y de igual forma aplicando factores de demanda, se hicieron los cálculos para diseñar la protección y calibre de este sub alimentador.

**Tabla 3.6** Tablero laboratorio cuidado personal

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Iluminación	1,00	90%	0,9
Tomacorrientes	1,00	90%	0,9
Total	2	90%	1,8

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Según estos datos obtenidos aplicando factores de demanda en este sub alimentador, tenemos una carga demandada de 1,8 kVA con un voltaje de 120V, con la ecuación que se muestra a continuación se podrá obtener la corriente que pasará por este alimentador.

$$\frac{1940}{120} * 1,25 = 20 A$$

Y según mediciones realizadas en momentos de demanda máxima en esta sección se obtuvo una corriente de 14,3 A, por lo que los datos aplicando factores de demanda estimados son congruentes para este punto.

Se llega a la conclusión como se mencionó anteriormente que este tablero esta extensamente sobredimensionado, con una protección de 20 A estaría bien el diseño, evidentemente el de 100 A que se encuentra actualmente está mal seleccionado, al igual con el calibre del conductor que alimenta este tablero, es un #6 por fase, y con un #12 es como debería de estar.

### 3. Sub-alimentador bodega compras

Este sub alimentador suministra energía eléctrica a la sección de oficinas de junta directiva y gerencia general planta baja, el cual contiene algunos aires acondicionados, que por política de la empresa no se utilizan continuamente, solo las cargas por iluminación se tomaron como carga continua, como se muestra en la tabla a continuación

**Tabla 3.7** Tablero bodega compras

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
A/C oficinas	8,00	100%	8,00
Iluminación	0,55	80%	0,44
Tomacorrientes	2,70	80%	2,16
Total	11,25	73%	10,60

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Teniendo esta carga total demandada, con un voltaje de 240 V, se obtiene con la ecuación a continuación la corriente que pasará por este alimentador, para poder dimensionar el calibre del conductor y su protección.

$$\frac{10600}{240} * 1,25 = 55 A$$

Por lo que se podría utilizar un breaker de 60 A, el de 100 A como se ha venido mencionado en secciones anteriores, que en casi todas las protecciones principales de los sub alimentadores se encuentran sobredimensionadas.

En relación al calibre que se podría utilizar es el #6, 1 por fase y 1 para neutro, con tierra #8, el calibre si se encuentra bien diseñado, sin embargo, este no tiene tierra como en todos los casos de esta instalación eléctrica.

### 3.4.2. Sub-alimentadores acometida 2

En esta acometida que se encuentra en la planta de alimentos, existen 2 tableros principales, el tablero principal A, salen 5 alimentadores hacia tableros secundarios, a continuación, se ejemplificarán algunos de ellos para mostrar cómo se deberán de seleccionar los sub alimentadores, referente al calibre de estos conductores, así como sus respectivas protecciones.

#### 1. Sub alimentador panel #3 (TP-03)

Este tablero que se encuentra por donde están las máquinas formadoras de galletas de arroz, básicamente alimenta el área del laboratorio que se encuentra ahí, donde alimenta algunas luces, tomacorrientes, un par de lámparas en la zona de caramelizado y unos ventiladores en la zona de las laminadoras. En la tabla a continuación se mostrará las potencias instaladas y demandadas en kVA, ya tomando en cuenta algunos factores de demanda estimados para el cálculo de este sub alimentador y la protección pertinente.

**Tabla 3.8** Tablero TP-03

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Iluminación	2,12	80%	1,70
Tomacorrientes	1,75	80%	1,40
Otras cargas	1,87	80%	1,5
Total	5,74	80%	4,20

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

De acuerdo a esta carga demandada, y aplicando la fórmula que se muestra a continuación.

$$\frac{4200}{120} * 1,25 = 43A$$

Se debería utilizar para este caso una protección de 40 A, donde existe una actualmente de 225 A la cual evidentemente se encuentra muy sobredimensionada, con respecto al calibre del conductor se recomienda que haya un calibre #8 para fase y neutro, con tierra #10.

## 2. Sub-alimentador bodega materia prima

Este tablero alimenta básicamente toda el área de la bodega de materia prima, donde a continuación tomando en cuenta factores de demanda para los cálculos del calibre del conductor, así como de la protección principal para este tablero

**Tabla 3.9** Sub alimentador bodega materia prima

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Iluminación	14	100%	13,25
Tomacorrientes	4,5	80%	3,6
Otras cargas	2,75	80%	2,2
Total	21,25	90%	19,05

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Aquí en la zona de la bodega existe 14 kVA de potencia instalada de solo iluminación aquí si se va a seguir la sugerencia que dicta el Código Eléctrico Nacional para depósitos o bodegas aplicando para los primeros 12,5 kVA se usa el 100%, y el resto de potencia instalada al 50%, ahora bien, aplicando la ecuación a continuación se podrá obtener la corriente, para con esta corriente poder dimensionar el breaker y el calibre del conductor.

$$\frac{19050}{240 * \sqrt{3}} * 1,25 = 57 A$$

Se debería utilizar un breaker de 60 A, el de 125 A que se encuentra actualmente está sobredimensionado, evidentemente. Por lo que en alguna sobre corriente que

ocurra en este alimentador no se va a proteger los distintos ramales o equipos que se encuentren en ellos, con respecto al calibre del conductor para este caso es recomendable un calibre #6 por fase, con #10 para tierra

### 3. Sub-alimentador tablero #2

Este tablero que se encuentra junto al tablero #3 que está detrás de las máquinas formadoras de las galletas de arroz, básicamente alimenta dos de estas máquinas, algunas lámparas de techo del sector del costado este por donde se encuentran las laminadoras, y haciendo los cálculos necesarios con factores de demanda se obtuvo la información que se presenta a continuación con las potencias instaladas y demandadas para este tablero.

**Tabla 3.10** Sub-alimentador tablero #2

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Máquinas	7,10	70%	4,97
Iluminación	5,19	80%	4,15
Tomacorrientes	2,78	80%	2,22
Total	15,07	75%	11,34

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

A continuación, se obtendrá la corriente para dimensionar lo que son el calibre del conductor así también como el breaker contra sobre corriente para este tablero.

$$\frac{11340}{240 * \sqrt{3}} * 1,25 = 34 A$$

Como se puede observar en la ecuación anterior, con un breaker de 40 A, sería suficiente para la protección de esta sección, actualmente cuenta con una protección de 225 A la cual evidentemente se encuentra sobredimensionado, con respecto al calibre del conductor se debería de utilizar cable # 10, uno por fase, con calibre para tierra también #10.

A continuación, se presentarán algunos ejemplos de los sub alimentadores de los tableros secundarios que se encuentran en el tablero principal B

## 1. Sub-alimentador tablero cancha (TCH)

Este tablero alimenta la cancha la cual tiene una carga por iluminación bastante elevada, así también como algunas lámparas del sector de camerinos y baños, y también algunos tomacorrientes de uso general en estas secciones, de acuerdo a información recolectada y tomando en cuenta algunos factores de demanda estimados se harán los cálculos para dimensionar lo que serían el calibre de los conductores, así como su debida protección, como se muestra a continuación.

**Tabla 3.11** Tablero TCH

Descripción	Potencia instalada (kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Iluminación	13,3	100%	13,3
Tomacorrientes	2,00	70%	1,44
Total	15,30	95%	14,74

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Como se puede observar en la tabla anterior la carga mayor en este alimentador es básicamente por las luminarias de la cancha de fútbol.

$$\frac{14740}{240} * 1,25 = 77 A$$

A esta cantidad de corriente que pasará por este sub alimentador se le aumentará el 125% de esta por la carga continua de las luminarias de la cancha.

$$77 * 1,25 = 96,2 A$$

Para este caso se utilizará un disyuntor principal para este tablero de 100 A, con un conductor calibre AWG #2.

### 3.5. Alimentadores

#### 3.5.1. Acometida 1

Se procederá a medir la corriente de entrada del tablero principal, o sea, del secundario de los transformadores que alimentan esta acometida, estas corrientes se

toman de acuerdo al perfil de carga suministrado por la compañía nacional de fuerza y luz (Ver anexos), el cual indica las demandas durante intervalos de tiempo de cada 15 minutos durante 3 meses del presente año, estos datos se graficaron, por día, por semana, y por mes, para así tener visualmente en qué momento se da la demanda máxima en cada acometida y con base a ello en esos momentos se realizaron las mediciones, como se muestran a continuación.

**Tabla 3.12** Medición de corrientes en acometida 1

Acometida 1	Corriente (A)
Línea 1	289
Línea 2	126,5
Línea 3	188,8

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Para la verificación de los transformadores y sus correspondientes calibres de los conductores y protecciones, debemos tener en cuenta la demanda máxima que tiene la acometida, de acuerdo a mediciones hechas en campo, demanda máxima registrada, por la CNFL, así como aplicando factores de demanda en la demanda instalada, se obtuvieron los siguientes datos.

Con respecto a la potencia demandada se creó la siguiente tabla donde se muestra los factores de demanda que se estimaron según la hoja de cálculo de Excel en cada caso.

**Tabla 3.13** Cálculo del factor de demanda para la acometida 1

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Máquinas	162,71	46%	74,62
A/C	19,82	100%	19,82
Iluminación	16,1	50%	8,05
Tomacorrientes	21,38	75%	15,69
Total	220,04	52%	118,2

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

**Tabla 3.14** Cálculos de corrientes según factor de demanda y según datos factura eléctrica

Según cálculos con factores de demanda	
Potencia total demandada (kVA)	118,2
Voltaje (V)	240
Fp	0,95
Corriente acometida 1 (A)	299,3
Según cálculos con factura eléctrica de demanda máxima	
Promedio demanda máxima (kW)	106,11
Promedio demanda máxima (kVA)	111,69
Voltaje (V)	240
Fp	0,95
Corriente acometida 1 (A)	282,82

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

De acuerdo a estos datos tabulados anteriormente, se puede concluir que un banco de transformadores de 112,5 kVA se encuentra dentro de lo aceptable, por algunos factores de ampliaciones futuras, o diferentes razones, se podría decir que el banco que hay actualmente de 150 kVA se encuentra bien.

Ahora bien, para el cálculo del calibre de los conductores y protecciones en el secundario se va a basar en el artículo 450 del NEC, el cual dice que para el secundario en transformadores de menos de 600V, se le aplica el 125% de la corriente nominal del transformador, para el transformador de 150 kVA, con un voltaje de 240 trifásico, y aplicando el 125% obtenemos la siguiente ecuación.

$$\frac{150000}{240 * \sqrt{3}} * 1,25 = 451A$$

Por lo que se debería de elegir una protección termo magnética de 450 A, que estaría bien para este caso, pero actualmente, podemos encontrar uno de 800 A lo que se encuentra bastante sobredimensionado.

Para el calibre del conductor de esta acometida, según los cálculos suministrados a continuación, deberían de ser un 700 MCM por fase, o bien por efectos de costos y facilitar el proceso de instalación lo que se recomienda dos por fase AWG #4/0, en

canalización, mientras que actualmente existe un 250 MCM, según el NEC en la tabla 310-17, este calibre soporta una corriente de 405 A, por estar al aire libre, se encuentra relativamente bien ya que en una parte se encuentra al aire libre y en otra parte al llegar al tablero principal está en una canalización, actualmente con la potencia demandada que se ha mencionado anteriormente está dentro de lo aceptable.

El cable AWG #4/0 tiene una ampacidad de 230 A (a una temperatura de 75 °C). Pero para llevar todos por una misma canalización se debe corregir esta ampacidad por el factor de agrupamiento de la tabla 310.15 (B)(2)(a).

Como se tiene dos conductores por fase, se debe utilizar el factor de corrección para seis conductores portadores de corriente, el cual reduce su capacidad un 80%. Por lo tanto, la acometida tendrá una capacidad de:

$$I_{max} = 2 \text{conductores} * 230 * 80\% = 368$$

### 3.5.2. Acometida 2

Se procedió a medir la corriente de entrada del tablero principal, o sea, del secundario de los transformadores que alimentan esta acometida, estas corrientes se toman de acuerdo al perfil de carga suministrado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz en los momentos de demanda máxima, como se muestran a continuación.

**Tabla 3.15** Medición de corrientes en acometida 2

Acometida 2	Corriente (A)
Línea 1	212
Línea 2	232
Línea 3	121

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Para la verificación de los transformadores y sus correspondientes calibres de los conductores y protecciones para esta acometida, debemos tener en cuenta la

demanda máxima que tiene la acometida, de acuerdo a mediciones hechas en campo, demanda máxima registrada, por la CNFL, así como aplicando factores de demanda que se estimaron según la hoja de cálculo de Excel en la potencia instalada, se obtuvieron los siguientes datos.

**Tabla 3.16** Cálculo del factor de demanda para la acometida 2

Descripción	Potencia instalada(kVA)	Factor de demanda	Potencia demandada (kVA)
Máquinas	153,32	46%	70,87
Iluminación	20,33	50%	10,15
Tomacorrientes	10,24	75%	7,8
Total	183,89	48%	88,82

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

**Tabla 3.17** Cálculo de corriente con potencia demandada.

Según cálculos con factores de demanda	
Potencia total demandada (kVA)	88,82
Voltaje (V)	240
Fp	0,92
Corriente acometida 2 (A)	232,24

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Para este caso, en esta acometida, cabe mencionar, que en un inicio cuando se empezó el proyecto, el factor de potencia se encontraba en 0,8, por lo que la corriente debido al cálculo realizado había aumentado, este factor de potencia en 0,8 estaba así debido a que el breaker que interrumpía la corriente que iba al banco de capacitores se encontraba disparado (circuito abierto), en ese momento el banco de capacitores no estaba haciendo su trabajo. Apenas se vio ese detalle, se procedió a informar al departamento de mantenimiento electromecánico y realizaron una verificación de la situación y procedieron a activar este breaker, a partir de ahí según la factura brindada por la CNFL el factor de potencia subió a 0,92, disminuyendo la corriente en la acometida.

**Tabla 3.18** Cálculo de corriente con datos en factura eléctrica

Según cálculos con factura eléctrica por demanda máxima	
Promedio demanda máxima (kW)	72,38
Promedio demanda máxima (kVA)	78,67
Voltaje (V)	240
Fp	0,92
Corriente acometida 2 (A)	205,7

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

De acuerdo a estos datos tabulados anteriormente, se puede concluir que un banco de transformadores de 112,5 kVA podría estar bien seleccionado, más, sin embargo, por algunos factores de ampliaciones futuras, o diferentes razones, se podría decir que el banco que hay actualmente de 150 kVA se encuentra relativamente bien.

Ahora bien, para el cálculo del calibre de los conductores y protecciones en el secundario se va a basar en el artículo 450 del NEC, el cual dice que para el secundario en transformadores de menos de 600V, se le aplica el 125% de la corriente nominal del transformador, para el transformador de 150 kVA, con un voltaje de 240 trifásico, y aplicando el 125% obtenemos la siguiente ecuación.

$$\frac{150000}{240 * \sqrt{3}} * 1,25 = 451A$$

Por lo que se debería de elegir un disyuntor principal de 450 A, que estaría bien para este caso, pero actualmente podemos encontrar uno de 600 A lo que se encuentra bastante sobredimensionado.

Para el calibre del conductor de esta acometida, según los cálculos suministrados a continuación, deberían de ser un 700 MCM por fase, o bien lo que se recomienda para facilitar la instalación se seleccionan dos conductores por fase AWG #4/0 en THHN y 2 AWG #4/0 en THHN para neutro y para tierra 1#2/0 en THHN.

El cable AWG #4/0 tiene una ampacidad de 230 A (a una temperatura de 75 °C). Pero para llevar todos por una misma canalización se debe corregir esta ampacidad por el factor de agrupamiento de la tabla 310.15 (B) (2)(a).

Como se tiene dos conductores por fase, se debe utilizar el factor de corrección para seis conductores portadores de corriente, el cual reduce su capacidad un 80%. Por lo tanto, la acometida tendrá una capacidad de:

$$I_{max} = 2 \text{conductores} * 230 * 80\% = 368A$$

Mientras, que actualmente, existe un calibre de 3/0 MCM, según el NEC en la tabla 310-17, este calibre soporta una corriente de 310 A. lo que evidentemente se encuentra en un potencial peligro de que este conductor falle si se llegase a aumentar la potencia demandada a la máxima brindada por el banco de transformadores.

De acuerdo a los datos mostrados en las tablas anteriores respecto a las potencias instaladas y demandadas, se puede notar algunas inconsistencias o datos diferentes respecto a otros, sin embargo, la estimación que se realiza de la potencia instalada no se toma como errónea porque está basada en las recomendaciones del Código Eléctrico Nacional y personal de la empresa con la experiencia de ellos en las labores de operación y mantenimiento, sin embargo, esto confirma que el NEC es un código para garantizar la seguridad de los usuarios y no un código de diseño.

Luego de diseñar la acometida por ampacidad se debe confirmar que la caída tensión se encuentra dentro de lo permitido por el Código Eléctrico Nacional. El lugar con mayor caída de tensión de la acometida 1 se encuentra en el tablero TTCP-01 que se encuentra al lado de las bandas transportadoras, y que alimentan la mayor parte de esta planta.

Para corroborar la caída de tensión más alta se debe de sumar la caída de tensión de la acometida más todos los sub-alimentadores que hacen llegar la energía eléctrica hasta este tablero, y a esto agregarle la caída de tensión del circuito ramal.

$$CV_{max} = 0,21 + 2,65 + 0,77 + 0,82 = 4,45\%$$

Y el lugar con mayor caída de tensión de la acometida 2 se encuentra en los tableros de la bodega de materia prima, corroborando este dato se podrá observar en el siguiente cálculo.

$$CV_{max} = 0,23 + 2,76 + 1,2 + 0,31 = 4,5\%$$

Lo cual en ambos casos cumple con lo establecido en el artículo 210.19(A)(1) NLM No. 4 del Código Eléctrico Nacional.

### **3.6. Puesta a tierra**

En esta sección del capítulo 3, referente a la puesta a tierra de la empresa BioLand, para este diagnóstico como se ha venido mencionando, la empresa carece de una adecuada puesta a tierra, tanto así que según consultas al ingeniero de planta, no conoce de alguna malla o diseño de tierras en ningún sector, se consultó a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz en una visita que realizaron y se percataron de este grave problema que hay en esta empresa, pero se notó como cada banco de transformadores si cuenta con una puesta a tierra (Ver siguientes Figuras), pero mencionaban que esta puesta a tierra solo cubría algún problema afuera de las instalaciones, o sea el primario y los transformadores.

Esta tierra que se menciona en el párrafo anterior decía el ingeniero que va a una malla que debería de tener cajas de registro para estar revisando periódicamente la resistividad de las esta tierra y su estado físico, sin embargo, también carece de esto.



Figura 3.20 Tierra transformador acometida 1

*Fuente: Fotografía propia*



Figura 3.21 Tierra transformador acometida 2

*Fuente: Fotografía propia*

Importante saber que un buen sistema de puesta a tierra provee una ruta de retorno para corrientes de falla y una adecuada y segura ruta para descargas atmosféricas y sobrecargas transitorias en la red de distribución, también, protege al personal de descargas eléctricas, y previene la acumulación

Cabe mencionar como se ha venido haciendo anteriormente, que ni siquiera los tableros principales, tienen barra de tierras, así como los tableros secundarios, los tableros de distribución monofásicos también carecen de una barra de tierras, como se puede ver en las siguientes figuras, en algunos casos cuando se iba a realizar alguna agregación eléctrica o instalación de un equipo eléctrico y viéndose que no existían barras de puesta a tierra, lo que hacían era colocar un tornillo en la carcasa del tablero.

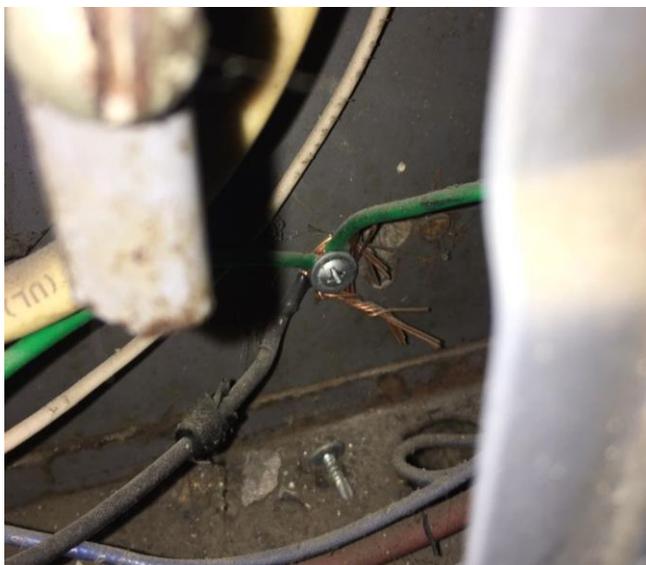


Figura 3.22 Tablero sin barra de tierras

*Fuente: Fotografía propia*

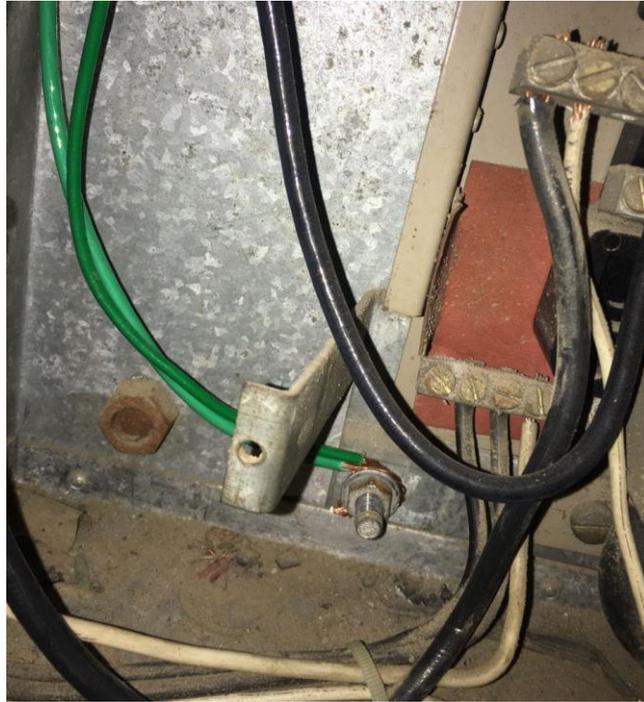


Figura 3.23 Tablero sin barra de tierras

*Fuente: Fotografía propia*

Según recomienda el Green Book, IEEE 142-2007, esta malla de tierra que se menciona debe de tener una resistividad de diseño no menor de  $5 \Omega$ , este valor se tomaría como base en el nuevo rediseño, ya que actualmente, como no cuenta con ello, entonces no se podría tomar como referencia.

En este nuevo rediseño ya se ha contemplado toda la puesta a tierra interna del edificio, para cada ramal, sub-alimentadores y sus respectivos alimentadores en las acometidas, sin embargo, su malla a tierra externa se logrará realizar por medio de una sub contratación, ya que por falta de tiempo y además se sale un poco de los alcances de este proyecto.

### **3.7. Diseño Eléctrico propuesto.**

Habiéndose tomado en cuenta todos los aspectos anteriormente mencionados, cada detalle del diagnóstico, sabiéndose lo que se encuentra bien y lo que no se encuentra tan bien, a continuación, se detallarán las tablas de resúmenes, de algunos tableros, que por ser tantos a lo largo de toda la empresa, se harán de los más importantes, los principales, los que tengan mayor carga, y los que se consideren más críticos, para tener a mano un resumen detallado de lo que allí se encuentre, contemplando sub-alimentadores, alimentadores y acometidas, respecto a sus calibres, protecciones y otros detalles importantes en cada caso, luego en la sección de anexos se incluirán todas tablas de resúmenes.

**Tabla 3.19** Corrientes y protecciones del tablero principal acometida 1

<b>Tablero principal acometida 1 (TP1)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
<b>1,3,5</b>	TSPR-01	19,18	240	46	46	46	3	50
<b>2,4</b>	TBPT-01	24,99	240	104	104		2	100
<b>7,9,11</b>	TTE-01	19,63	240	47	47	47	3	50
<b>8,1</b>	TBC-02	8,31	240		35	35	2	40
<b>13,15</b>	TTCP-01	16,46	240	39,6	39,6	39,6	3	40
<b>14,16,18</b>	TSCP-01	16,24	240	39,1	39,1	39,1	3	40
<b>19,21,23</b>	TDCP	11,73	240	28,2	28,2	28,2	3	30
<b>25,27,29</b>	Capacitores	54,8	240	132	132	132	3	175
<b>20,22,24</b>	TPT-01	14,33	240	34	34	34	3	40

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.20** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 1.

<b>Tablero principal acometida 1 (TP1)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3,5</b>	TSPR-01	4	6	6	8	40	1,80	19	3/4
<b>2,4</b>	TBPT-01	3	2	2	8	25	1,15	25	1
<b>7,9,11</b>	TTE-01	4	6	6	10	25	1,15	19	3/4
<b>8,1</b>	TBC-02	3	8	8	10	35	2,09	13	1/2
<b>13,15</b>	TTCP-01	4	8	8	10	45	2,65	13	1/2
<b>14,16,18</b>	TSCP-01	4	8	8	10	35	2,03	13	1/2
<b>19,21,23</b>	TDCP	4	10	10	12	45	2,91	13	1/2
<b>25,27,29</b>	Capacitores	4	2/0	2/0	6	5	0,64	13	½
<b>20,22,24</b>	TPT-01	4	8	8	10	65	2,16	13	½

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.21** Corrientes y protecciones del tablero secundario rampa

<b>TSPR-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
<b>1,3,5</b>	Ta-01 (Verticales)	11,94	240	28,7	28,7	28,7	3	40
<b>2,4,6</b>	Ta-02 (Alternativos)	8,7	240	20,9	20,9	20,9	3	30
<b>7,9,11</b>	Ta-03(MS)	17,7	240	42,6	42,6	42,6	3	50
<b>Equipos</b>								
<b>8,10,12</b>	Ascensor alimentos	5,8	240	14	14	14	3	20
<b>13,15</b>	Cargador 1	3	240	12,5	12,5		2	20
<b>14,16</b>	Cargador 2	3	240	12,5	12,5		2	20

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

**Tabla 3.22** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario rampa

<b>TSPR-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3,5</b>	Ta-01 (Verticales)	4	8	8	10	40	1,71	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Ta-02 (Alternativos)	4	10	10	12	25	1,20	13	1/2
<b>7,9,11</b>	Ta-03(MS)	4	6	6	8	30	1,25	19	3/4
<b>Equipos</b>									
<b>8,10,12</b>	Ascensor alimentos	4	12	12	12	15	0,75	13	1/2
<b>13,15</b>	Cargador 1	3	12	12	12	20	0,90	13	1/2
<b>14,16</b>	Cargador 2	3	12	12	12	20	0,90	13	1/2

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

**Tabla 3.23** Corrientes y protecciones del tablero del taller electromecánico

<b>TTE-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
<b>1,3</b>	Máquina soldar	11	240	45,8	46		2	50
<b>2,4</b>	Máquina soldar	11	240		45,8	45,8	2	50
<b>7,9,11</b>	Torno	4,2	240	10,1	10,1	10,1	3	20
<b>6,8,10</b>	Fresadora	3,7	240	8,9	8,9	8,9	3	20
<b>5</b>	Tomas esmeriladoras	1,7	120	14,2			1	20
<b>12</b>	Toma taladro vertical	1,2	120		10		1	20
<b>13,15</b>	Cierra circular	1,6	240		6,67	6,67	2	20
<b>Iluminación general</b>								
<b>14</b>	Iluminación taller	2,3	120	19,2			1	30
<b>16</b>	Iluminación bodega y comedor	2,5	120		20,8		1	30
<b>Tomas generales</b>								
<b>17</b>	Tomas comedor	1,5	120			12,5	1	20
<b>18</b>	tomas Gen taller	2,87	120	23,9			1	30

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.24** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero del taller electromecánico

<b>TTE-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Equipos</b>									
<b>1,3</b>	Máquina soldar	3	6	6	8	10	0,52	19	3/4
<b>2,4</b>	Máquina soldar	3	6	6	8	15	0,78	19	3/4
<b>7,9,11</b>	Torno	4	12	12	12	30	1,09	13	1/2
<b>6,8,10</b>	Fresadora	4	12	12	12	35	1,12	13	1/2
<b>5</b>	Tomas esmeriladoras	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
<b>12</b>	Toma taladro vertical	3	12	12	12	35	2,99	13	1/2
<b>13,15</b>	Cierra circular	3	12	12	12	45	1,28	13	1/2
<b>Iluminación general</b>									
<b>14</b>	Iluminación taller	3	10	10	12	27	2,8	13	1/2
<b>16</b>	Iluminación bodega y comedor	3	10	10	12	25	2,8	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
<b>17</b>	Tomas comedor	3	12	12	12	25	2,7	13	1/2
<b>18</b>	tomas Gen taller	3	10	10	12	20	2,6	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.25** Corrientes y protecciones del tablero de los tanques de cuidado personal

TTCP-01								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
Equipos								
1,3,5	Tanque1	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20
2,4,6	Tanque2	0,75	240	1,8	1,8	1,8	3	20
7,9,11	Tanque3	4,1	240	9,86	9,86	9,86	3	20
8,10,12	Tanque4	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20
13,15,17	Tanque5	7,45	240	17,9	17,9	17,9	3	20
14,16,18	Tanque6	3,73	240	8,97	8,97	8,97	3	20
19,21,23	Tanque7	8,5	240	20,4	20,4	20,4	3	20
20,22,24	Tanque8	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20
25,27,29	Tanque9	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.26** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero de tanques de cuidado personal

TTCP-01									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
Equipos									
1,3,5	Tanque1	4	12	12	12	25	0,48	13	1/2
2,4,6	Tanque2	4	12	12	12	28	0,18	13	1/2
7,9,11	Tanque3	4	12	12	12	30	1,06	13	1/2
8,10,12	Tanque4	4	12	12	12	34	0,66	13	1/2
13,15,17	Tanque5	4	12	12	12	36	2,32	13	1/2
14,16,18	Tanque6	4	12	12	12	40	1,29	13	1/2
19,21,23	Tanque7	4	12	12	12	37	2,72	13	1/2
20,22,24	Tanque8	4	12	12	12	27	0,52	13	1/2
25,27,29	Tanque9	4	12	12	12	25	0,48	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.27** Corrientes y protecciones del tablero detrás de cuidado personal

TDCP								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
Equipos								
1,3,5	Bombas agua fría, caliente	2,62	240	6,3	6,3	6,3	3	20
2,4,6	Bandas trans	2,6	240	6,25	6,25	6,25	3	20
7,9,11	Bomba pre-mezcla	1,12	240	2,69	2,69	2,69	3	20
8,10	Batid-Taladro	1,3	240	5,42	5,42		2	20
12,14	A/C	2,2	240		9,17	9,17	2	20
13,15	Compresor enfría struder	3,2	240	13,3		13,3	2	20
16,18	Extrac1	2,47	240	5,94	5,94		2	20
17,19	Extrac2	2,94	240		7,07	7,07	2	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.28** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero detrás de cuidado personal

TDCP									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
Equipos									
1,3,5	Bombas	4	12	12	12	30	0,68	13	1/2
2,4,6	Bandas trans	4	12	12	12	30	0,68	13	1/2
7,9,11	Bomba pre-mezcla	4	12	12	12	25	0,24	13	1/2
8,10	Batid-Taladro	3	12	12	12	40	0,93	13	1/2
12,14	A/C	3	12	12	12	35	1,37	13	1/2
13,15	Compresor	3	12	12	12	30	1,71	13	1/2
16,18	Extrac1	3	12	12	12	38	0,96	13	1/2
17,19	Extrac2	3	12	12	12	45	1,36	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.29** Corrientes y protecciones del tablero Ta-03 (MS)

Ta-03								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
1,3,5	Motor MS	15	240	36,1	36,1	36,1	3	40
2,4	Bandrite MS	2,8	240	11,7	11,7		2	20
<b>Iluminación</b>								
6	Iluminación MS	1,5	120	12,5			1	20
<b>Tomas generales</b>								
7	Tomas generales	1,7	120		14,2		1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.30** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-03 (MS)

Ta-03									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Tableros</b>									
1,3,5	Motor MS	4	8	8	10	15	0,80	13	1/2
2,4	Bandrite MS	3	12	12	12	20	1,00	13	1/2
<b>Equipos</b>									
6	Iluminación MS	3	12	12	12	15	1,60	13	1/2
7	Tomas generales	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.31** Corrientes y protecciones del tablero principal de la acometida 2

<b>Tablero principal acometida 2 (TP2)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
1,3,5	TBMP	19,05	240	45,83	45,8	45,8	3	50
2,4	TCF-01	14,74	240		61,4	61,4	2	60
7,9,11	TSDH-01	36,99	240	89	89	89	3	90
8,10,12	TSGA-01	10,83	240	26,05	26,1	26,1	3	30
13,15	TG02	12,4	240	29,7	29,7		2	30
14,16,18	Capacitores	54,8	240	132	132	132	3	175
17,19,21	TDMS	17,31	240	41,66	41,7	41,7	3	40

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.32** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 2.

<b>Tablero principal acometida 2 (TP2)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Tableros</b>									
1,3,5	TBMP	4	4	4	10	95	2,76	19	3/4
2,4	TCF-01	3	4	4	10	25	1,11	19	3/4
7,9,11	TSDH-01	4	2	2	8	25	0,98	25	1
8,10,12	TSGA-01	4	10	10	10	40	2,39	13	1/2
13,15	TG02	3	10	10	10	35	2,38	13	1/2
14,16,18	Capacitores	4	2/0	2/0	6	5	0,64	13	1/2
17,19,21	TDMS	4	8	8	10	40	2,48	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.33** Corrientes y protecciones del tablero de la cancha de fútbol

TCF-01								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación cancha</b>								
1,3	Iluminación1	2,2	240	9,2	9,2		2	20
2,4	Iluminación2	2,2	240		9,2	9,2	2	20
5,7	Iluminación3	2,2	240	9,2	9,2		2	20
6,8	Iluminación4	2,2	240		9,2	9,2	2	20
9,11	Iluminación5	2,2	240	9,2	9,2		3	20
<b>Iluminación general</b>								
12	Luz baños	0,8	120	6,7			1	20
13	luz comedor	1,3	120		10,8		1	20
<b>Tomas generales</b>								
14	Tomas	1,6	120			13,3	1	20
15	Tomas comedor	1,5	120	12,5			1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.34** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero de la cancha de fútbol

TCF-01									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Iluminación cancha</b>									
1,3	Iluminación1	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
2,4	Iluminación2	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
5,7	Iluminación3	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
6,8	Iluminación4	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
9,11	Iluminación5	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
<b>Iluminación general</b>									
12	Luz baños	3	12	12	12	15	0,72	13	1/2
13	luz comedor		12	12	12	20	1,56	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
14	Tomas	3	12	12	12	20	1,92	13	1/2
15	Tomas comedor	3	12	12	12	25	2,25	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.35** Corrientes y protecciones del tablero secundario detrás de hornos

<b>Tablero secundario detrás hornos (TSDH-01)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
<b>1,3,5</b>	Tf-01	11,2	240	26,9	26,9	26,9	3	30
<b>2,4,6</b>	Tf-02	14,8	240	35,6	35,6	35,6	3	40
<b>Salidas especiales</b>								
<b>7,9,11</b>	Horno 1	5,775	240	13,89	13,9	13,9	3	20
<b>8,12,14</b>	Horno 2	5,775	240	13,89	13,9	13,9	3	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.36** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario detrás de hornos

<b>Tablero secundario detrás hornos (TSDH-01)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3,5</b>	Tf-01	4	10	10	12	30	1,85	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Tf-02	4	8	8	10	35	1,85	13	1/2
<b>Salidas especiales</b>									
<b>7,9,11</b>	Horno 1	4	12	12	12	25	1,25	13	1/2
<b>8,10,12</b>	Horno 2	4	12	12	12	25	1,25	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.37** Corrientes y protecciones del tablero G02

TG02								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
1,3,5	Galletas3	3,55	240	8,5	8,5	8,5	3	20
2,4,6	Galletas4	3,55	240	8,5	8,5	8,5	3	20
<b>Iluminación</b>								
7	Iluminación lab1	1,6	120	13,3			1	20
8	Iluminación lab2	1,5	120		12,5		1	20
9	Iluminación galletas	1,3	120			10,8	1	20
<b>Tomas generales</b>								
10	Tomas lab1	1,4	120	11,66			1	20
11	Tomas lab2	1,5	120		12,5		1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.38** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero G02

TG02									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Equipos</b>									
1,3,5	Galletas3	4	12	12	12	10	0,31	13	1/2
2,4,6	Galletas4	4	12	12	12	10	0,31	13	1/2
<b>Iluminación</b>									
7	Iluminación lab1	3	12	12	12	25	2,85	13	1/2
8	Iluminación lab2	3	12	12	12	25	2,67	13	1/2
9	Ilum galleta	3	12	12	12	25	2,31	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
10	Tomas lab1	3	12	12	12	25	2,49	13	1/2
11	Tomas lab2	3	12	12	12	25	2,67	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.39** Corrientes y protecciones del tablero TDMS

TDMS								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
Equipos								
1,3,5	Horno3	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
2,4,6	Horno4	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
7,9,11	Horno5	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
8,10,12	Horno6	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
13,15,17	Horno7	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
14,16,18	Horno8	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
19.21.23	Hunicrame1	4,2	240	10,1	10,1	10,1	3	20
20,22,24	Panda	4,5	240	10,8	10,8	10,8	3	20
25,27,29	Fry-Pack	3,1	240	7,5	7,5	7,5	3	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.40** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero TDMS

TDMS									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
Equipos									
1,3,5	Horno3	4	12	12	12	20	1,19	13	1/2
2,4,6	Horno4	4	12	12	12	17	1,01	13	1/2
7,9,11	Horno5	4	12	12	12	14	0,83	13	1/2
8,10,12	Horno6	4	12	12	12	13	0,77	13	1/2
13,15,17	Horno7	4	12	12	12	10	0,59	13	1/2
14,16,18	Hunicrame1	4	12	12	12	10	0,43	13	1/2
19.21.23	Panda	4	12	12	12	12	0,55	13	1/2
20,22,24	Fry-Pack	4	12	12	12	15	0,48	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.41** Corrientes y protecciones del tablero Tf-02

Tf-02								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
<b>1,3,5</b>	Vertical4B	2,97	240	7,1	7,1	7,1	3	20
<b>2,4,6</b>	Vertical14-2	2,97	240	7,1	7,1	7,1	3	20
<b>Iluminación</b>								
<b>7</b>	iluminación1	1,8	120	15,0			1	20
<b>8</b>	iluminación2	1,8	120		15,0		1	20
<b>9</b>	iluminación3	1,8	120			15,0	1	20
<b>10</b>	iluminación4	1,8	120	15,0			1	20
<b>Tomas generales</b>								
<b>11</b>	tomas1	1,8	120	15,0			1	20
<b>12</b>	tomas2	1,8	120		15,0		1	20
<b>13</b>	tomas3	1,8	120			15,0	1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.42** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tf-02

Tf-02									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Equipos</b>									
<b>1,3,5</b>	Vertical4B	4	12	12	12	25	0,64	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Vertical14-2	4	12	12	12	20	0,51	13	1/2
<b>Iluminación</b>									
<b>7</b>	iluminación1	3	12	12	12	23	2,95	13	1/2
<b>8</b>	iluminación2	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
<b>9</b>	iluminación3	3	12	12	12	15	1,92	13	1/2
<b>10</b>	iluminación4	3	12	12	12			13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
<b>11</b>	tomas1	3	12	12	12	22	2,82	13	1/2
<b>12</b>	tomas2	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
<b>13</b>	tomas3	3	12	12	12	15	1,92	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 3.43** Datos acometida 1

Acometida 1			
Potencia Instalada	328,39 kVA	Corriente instalada	789,9 A
Potencia demandada	119,15 kVA	Corriente demandada	286,6 A
		Factor de Potencia.	0,95
		Factor de Demanda.	37%
Líneas	#4/0 AWG THHN	Tensión	120/240 V
Neutro	#4/0 AWG THHN	Fases	3
Tierra	#2 AWG THHN	Longitud	10
# cables	9	Caída de tensión	0,54%
Ducto	76,2 mm		
Protección	450 A		
	3 polos		

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 3.44** Datos acometida 2

Acometida 2			
Potencia Instalada	206,67 kVA	Corriente instalada	497,2 A
Potencia demandada	86,1 kVA	Corriente demandada	207,1 A
		Factor de Potencia.	0,92
		Factor de Demanda.	42%
Líneas	#4/0 AWG THHN	Tensión	120/240 V
Neutro	#4/0 AWG THHN	Fases	3
Tierra	#2 AWG THHN	Longitud	15
# cables	9	Caída de tensión	0,59%
Ducto	76,2 mm		
Protección	450 A		
	3 polos		

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

### **3.7.1. Corriente de corto circuito**

En esta sección se detallará lo referente al análisis de corto circuito del diseño propuesto en este proyecto, se analizará tanto de la falla trifásica como la monofásica, ya que las dos son influyentes en este análisis, la trifásica por ser la que más genera corriente de falla y la monofásica es que más común que se pueda encontrar.

Este análisis como se mencionó en el párrafo anterior se hará del diseño propuesto y no así del diseño actual, ya que debido a múltiples factores durante el tiempo del proyecto no se logró hacer un total reconocimiento de los tableros y saber hacia dónde se dirigían, por lo que por esta razón se dificultó de gran manera realizar un estudio de corto circuito.

El diagrama unifilar es indispensable para la elaboración o realización de este análisis, las distancias de los cables de las acometidas y sub alimentadores de este diagrama se tomarán medidos, estimados y aproximados, según los planos suministrados por BioLand y los planos eléctricos propuestos,

En este análisis se tomará en cuenta el aporte de corriente de corto circuito, de la red, del transformador, de cada elemento activo dentro de la instalación, como lo son todos los motores, compresores, bombas, así como los aires acondicionados.

En algunos tableros donde sólo salen elementos activos como motores, se tomará solamente una potencia equivalente, para no ampliar aún más el diagrama unifilar, lo mismo sucede en tableros eléctricos donde sólo salen cargas pasivas, como lo son luces generales y tomacorrientes generales, se tomará también una potencia equivalente.

En cuanto a la capacidad de corto circuito de falla de la red eléctrica, se hizo la solicitud vía correo electrónico, a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, estos datos se muestran en la tabla a continuación.

**Tabla 3.45** Datos de corriente de corto circuito

Punto de alimentación	Alimentador	Tensión de servicio (kV)	Corriente de corto LLL (A)	Corriente de corto LT (A)
1	Este- Tres Ríos	34.5	3241	3580

*Fuente: Suministrada por la CNFL*



Figura 3.24 Punto de alimentación

*Fuente: Suministrada por la CNFL*

Tanto para el diagrama unifilar con todos sus respectivos componentes y especificaciones de cada uno de ellos, como para los cálculos obtenidos, se utilizó un software llamado SKM Power Tools la versión 7.0, donde se ingresaron los datos necesarios y se realizó la configuración del software para obtener los mejores resultados por el mismo.

Después de haber ingresado el diagrama unifilar con su respectiva información como se mencionó en el párrafo anterior, se debe de indicar al software que análisis se va a realizar, ya que este software posee una amplia gama de probabilidades con respecto a distintos tipos de análisis a realizar, para este caso se le debe de indicar

que se desea hacer un análisis de corto circuito, para fallas tanto trifásicas (que es cuando se realiza un corto circuito o contacto entre las 3 fases) como monofásicas.

En el software en la parte llamada "Datablog" también será necesario indicarle que tipo de falla se va a analizar y que datos queremos obtener, en este caso serían donde se indica "3P" que corresponde al trifásico y también monofásicas "SLG", "LL" o "LLG", así como algunos otros datos que se deben de programar.

Luego de haber hecho lo especificado anteriormente, los resultados juntos con el diagrama unifilar propuesto se presentan en las siguientes figuras, en donde se presentarán los datos más relevantes en cada sección, como potencia, voltaje y corrientes de corto circuito, entre otros. Cabe mencionar que los diagramas unifilares se realizaron de manera seccionada, ya que si se presentaba en uno solo este iba a ser bastante extenso, por lo que mejor se realizó de esta forma.

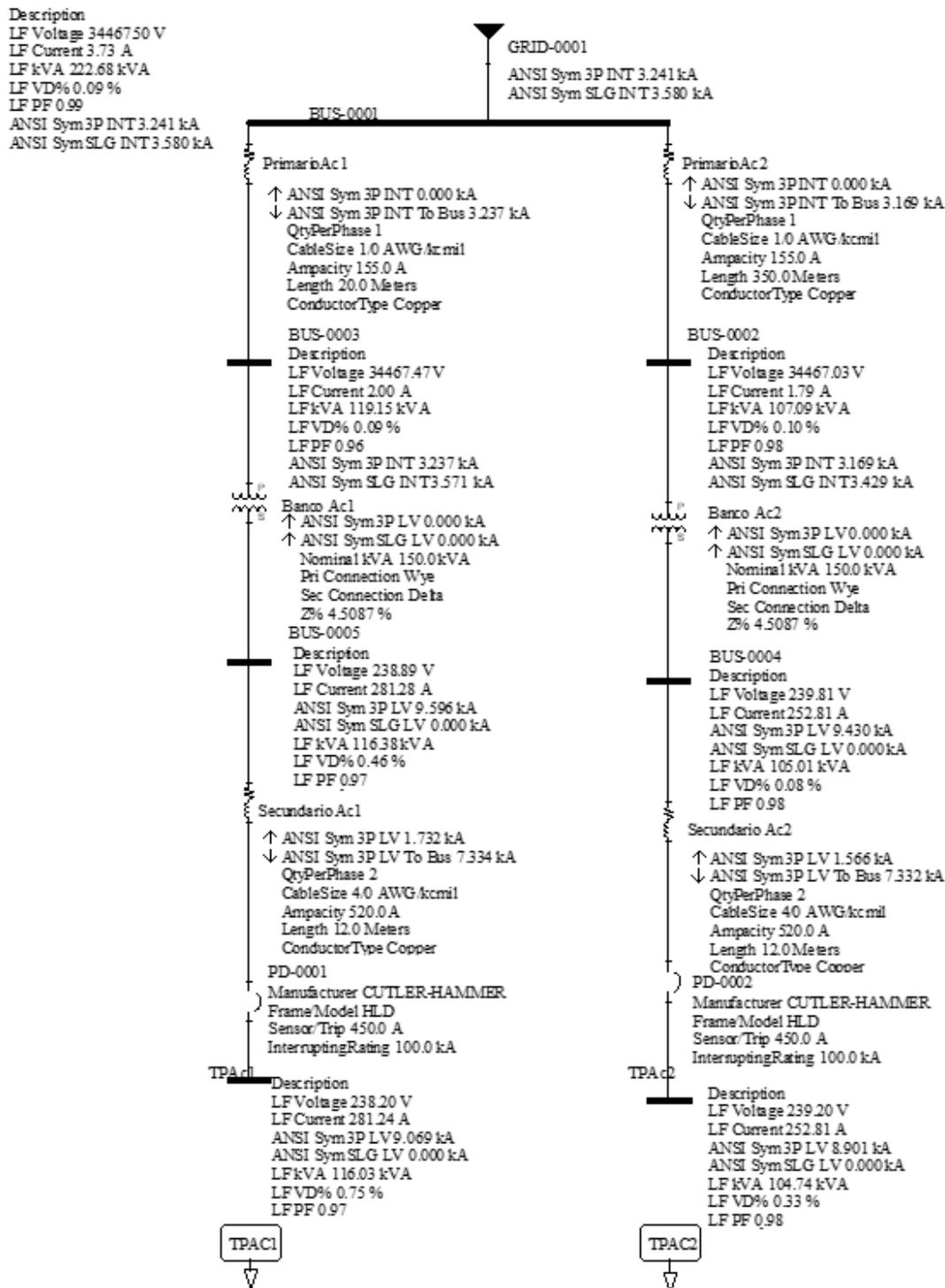


Figura 3.25 Diagrama unifilar acometidas con datos calculados por SKM Power Tools

Fuente Elaboración propia en SKM Power Tools

En el diagrama unifilar anterior se muestra ambas acometidas conectadas a la red eléctrica, donde se muestra la corriente de corto circuito que me aporta la red en media tensión, también se puede observar como en baja tensión lo que aporta más corriente de corto circuito trifásica es el banco de transformadores en los devanados del secundario en cada una de las acometidas.

En el siguiente diagrama unifilar, el cual corresponde al del tablero principal de la acometida 1 de igual forma se puede observar como la misma corriente de corto circuito trifásica presentada anteriormente en las acometidas, la cual es aportada por los devanados secundarios del transformador son los que se encuentran en el tablero principal de la acometida 1 la cual es de 9069 amperios.

Se puede observar como solo se presenta la corriente de corto circuito trifásica, por situaciones externas no se pudo hacer que el software diera la corriente de corto circuito monofásica, sin embargo, según literatura consultada y consultas hechas a expertos en el tema, siempre la corriente de falla trifásica va a ser hasta 1.3 veces mayor a la corriente de corto circuito monofásica.

Haciendo un análisis detallado de cada uno de los buses o tableros en todo el diagrama unifilar planteado en la propuesta se puede observar como la máxima corriente de corto circuito trifásica es la mencionada anteriormente, por lo que se puede concluir que el sistema eléctrico propuesto presenta una corriente de corto circuito relativamente bajo, y para la selección de las debidas protecciones en cada uno de los tableros se harán de 10 kA que se encuentran fácilmente en el mercado.

El diagrama unifilar completo del sistema eléctrico planteado se puede ver de manera más completa en la sección de anexos en el presente documento.

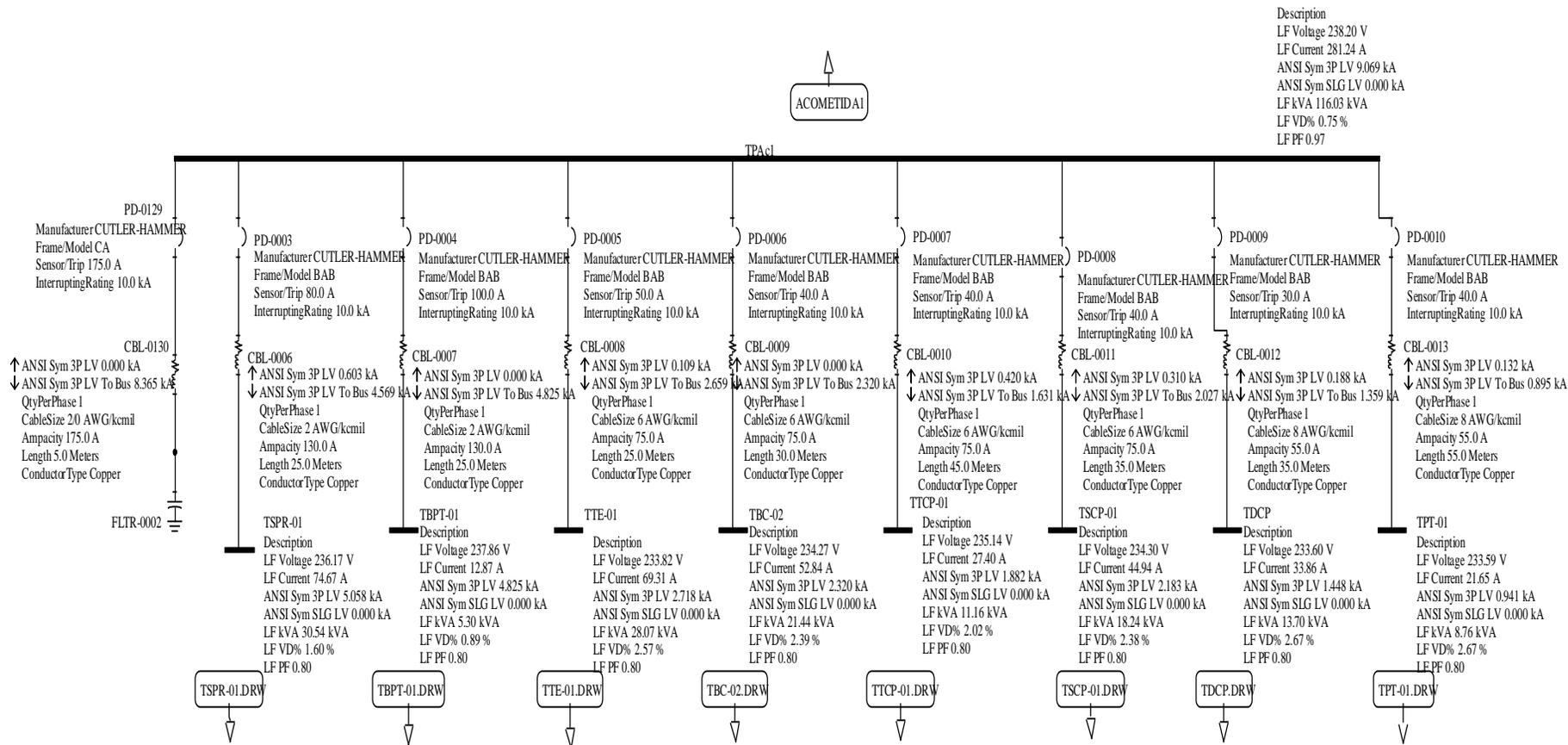


Figura 3.26 Diagrama unifilar TPAc1 con datos calculados por SKM Power Tools

Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

Este valor de corriente de corto circuito obtenido mediante el software el cual como se mencionó da mayor en el tablero principal de la acometida 1, el cual es una corriente que la aporta mayormente el transformador de esta sección y la red eléctrica, se hizo un cálculo de manera manual mediante el método de los kVA's, en este caso con una potencia demandada equivalente de los motores que me aportarían corriente de corto circuito en esta sección y se verificó como estos motores por ser tan pequeños no aportan suficiente corriente de corto circuito y no variarían mucho este cálculo, según se pudo ver en el realizado mediante software para verificar que este valor diera similar a lo que dio utilizando SKM Power Tools.

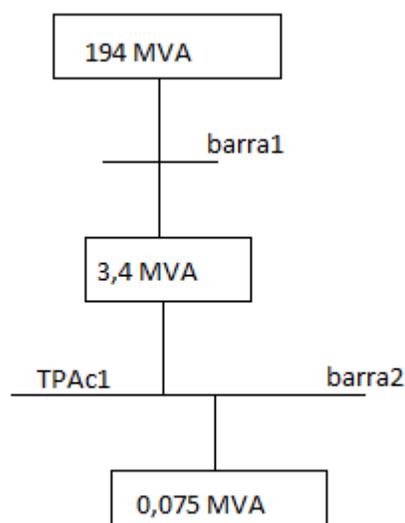


Figura 3.27. Diagrama para análisis de corto circuito

*Fuente: Elaboración propia en Paint*

En la figura anterior se muestra los MVA's de la red eléctrica que esta se obtiene con la corriente de corto circuito suministrada por la CNFL y los MVA's del transformador, y la potencia demandada equivalente de los motores en esta sección y con ello se suman estas potencias y se logra obtener la corriente de corto circuito que aportan en el tablero principal de la acometida 1, como se puede observar en las siguientes ecuaciones.

$$MVA's = V * I_{cc} * \sqrt{3}$$

$$194 \text{ MVA} = 34500 * 3241 * \sqrt{3}$$

$$\left(\frac{1}{194} + \frac{1}{3,4}\right)^{-1} + 0,075 = 3,475 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{3,475 \text{ MVA}}{240 \sqrt{3}} = 8360 \text{ A}$$

En la ecuación anterior se puede observar la corriente de corto circuito que me aportan tanto la red como el transformador, como se puede apreciar es una corriente muy similar a la que se calculó con el software SKM Power Tools, por lo que se puede concluir de igual manera que la corriente de corto circuito no es tan grande y se pueden utilizar protecciones de mínimo 10 kA.

#### **Capítulo 4. Estimación de la inversión.**

Para la estimación de la inversión de este diseño eléctrico se tomó en cuenta todos los detalles eléctricos contemplando desde acometidas, sub alimentadores, alimentadores, hasta lo que son los circuitos ramales existentes a lo largo y ancho de la empresa, haciéndose un estudio en cada una de estas secciones para ver cuánto material se necesitaba.

En cada sección mencionada anteriormente se tomaron en cuenta, desde los respectivos tableros, disyuntores, tomacorrientes, tomacorrientes GFCI, conductores eléctricos, ductos, así como todo tipo de accesorios que se ven involucrados.

Esta estimación se realizó mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel, en el cual se colocaron datos de las tablas de resúmenes, así también como de los planos donde se especifican la cantidad de cada elemento y en que ubicación se encuentra.

Para la estimación de los disyuntores lo que se procedió a hacer es contarlos de las tablas de resúmenes (que se pueden ver en su totalidad en anexos). A continuación, se podrá ver el resumen del conteo que se realizó.

**Tabla 4.1** Resumen cantidad de disyuntores

Cant.	Protección
80	breaker 20 A, 1 polo
25	breaker 20 A, 2 polo
60	breaker 20 A, 3 polo
5	breaker 30 A, 1 polos
10	breaker 30 A, 2 polos
10	breaker 30 A, 3 polos
5	breaker 40 A, 2 polos
10	breaker 40 A, 3 polos
5	breaker 50 A, 2 polos
5	breaker 50 A, 3 polos
5	breaker 60 A, 2 polos
5	breaker 60 A, 3 polos
2	breaker 80 A, 2 polos
3	breaker 90 A, 3 polos
4	breaker 100 A, 2 polos
3	breaker 125 A, 3 polos
2	breaker 175 A, 3 polos
2	breaker 450 A, 3 polos

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Para la cuantificación referente al cable se realizó mediante los planos eléctricos, se estimó o midieron las distancias de los ramales, sub alimentadores y los alimentadores en cada una de las acometidas, tomando en cuenta aproximadamente unos 25 cm extras por cada punto de conexión, a continuación, una tabla de resumen con la cantidad de cable por calibre.

**Tabla 4.2** Resumen cantidad de cable según calibre

Cant.	Descripción
20600	metros de cable N°12 THHN
2000	metros de cable N°10 THHN
1300	metros de cable N°8 THHN
700	metros de cable N°6 THHN
600	metros de cable N°4 THHN
600	metros de cable N°2 THHN
670	Metros de cable 1/0 THHN
80	Metros de cable 2/0 THHN
200	Metros de cable 4/0 THHN

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Para la cantidad de ductos, también se hizo uso de los planos eléctricos para la cuantificación de la cantidad de estos que se necesitan, también tomando en cuenta los bajantes para llegar a cada salida y que cada tubo EMT mide 3 metros, y tomando en cuenta que este sea del tipo UL. A continuación, la tabla de resumen de la cantidad de tubos.

**Tabla 4.3** Cantidad de tubos necesarios según tamaño

Cant.	Descripción
2400	tubo EMT Ø13 mm (1/2")
320	tubo EMT Ø19 mm (3/4")
140	tubo EMT Ø25 mm (1")
210	tubo EMT Ø50 mm (2")
100	tubo EMT Ø63 mm (2 1/2")

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

Para los accesorios de los ductos cuantificados anteriormente, se tomaron en cuenta cajas octogonales que se estimaron de acuerdo a la distribución que se realizó en los planos propuestos, así como uniones y conectores que se estimaron de acuerdo a la cantidad de tubos medidos, así como de los puntos de conexión.

Una vez que se realizó la lista de artículos que se necesitarían se procedió a hacer una solicitud de cotización a los lugares distribuidores de materiales eléctricos y ferreteros, se les solicitó la cotización a las siguientes empresas: EPA, construplaza, SINGE, Ferretería Brenes, El Eléctrico, Almacenes Mauro. Sin embargo, sólo de

EPA, construplaza, SINGE y Ferretería Brenes contestaron y respondieron los correos de la cotización.

Además, el problema estuvo en que solo SINGE contaba con todos los materiales eléctricos que se solicitaban, a continuación, se muestra un resumen de la cotización que facilitó esta empresa:

**Tabla 4.4** Inversión según precios suministrados en SINGE

<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO</b>
<b>DISYUNTORES</b>	€6.941.944
<b>CABLE</b>	€13.587.640
<b>DUCTOS</b>	€15.410.400
<b>TABLEROS</b>	€3.082.947
<b>OTROS</b>	€8.437.358
<b>PRECIO (IVI)</b>	€47.460.289

*Fuente: Elaboración propia en Word.*

Según se pudo estimar o calcular en la hoja de Excel con las cotizaciones, puede que sea hasta un 10% más económico comprar algunos artículos en otros lugares, sin embargo, habría que generar más órdenes de compra, o sea más trabajo administrativo realizar hasta 3 ó 4 órdenes de compra, además este trabajo se realizaría por terceros o contratación externa, por lo que se es más eficiente la compra en un solo almacén.

El costo de la mano de obra según consultas a personas que trabajan en esta área se estima al 50% del valor de los materiales, por lo tanto, el presupuesto estimado para el nuevo rediseño eléctrico es alrededor de:

**Tabla 4.5** Estimación aproximada total del nuevo rediseño eléctrico

<b>RUBRO</b>	<b>PRECIO</b>
<b>MATERIALES</b>	₪47.460.289
<b>MANO DE OBRA</b>	₪23.730.145
<b>TOTAL</b>	₪71.190.435

*Fuente: Elaboración propia en Word.*

Este valor estimado de la tabla anterior es un aproximado de lo que se debería de invertir para que la planta se encuentre en regla según el Código Eléctrico Nacional, este proyecto, además, no se podría hacer un análisis económico que muestre un retorno de inversión directo ni algo similar, ya que, no se tienen datos claros de ahorros, porque tienen casi desde que se empezó la empresa de tener algunos de los problemas ya mencionados, por lo que este rediseño se plantea y se propone para que se realice a corto o mediano plazo para velar por la seguridad tanto de la instalación, equipos eléctricos y como más importante de los operarios y trabajadores que estén presentes en la empresa.

## Capítulo 5. Conclusiones.

1. Con lo que respecta al diagnóstico realizado en la empresa se puede concluir que la instalación actual de la misma no se encuentra en óptimas condiciones, por la antigüedad que existe en ella y como se encuentran actualmente dimensionados cada elemento que la compone.
2. Se realizó un levantamiento de todas las cargas instaladas, para iniciar el nuevo rediseño propuesto.
3. Con respecto a los factores de demanda se utilizó en algunos casos la experiencia tanto de los operadores de los equipos como del departamento de mantenimiento, así también como lo estipulado en el NEC
4. Se calcularon las debidas corrientes de falla por corto circuito, mediante un software llamado, SKM Power Tools, concluyendo así que las corrientes de corto circuito del sistema no son tan elevadas, no sobrepasan los 9100 A
5. Se concluye para la estimación de la inversión que la empresa debería de invertir un aproximado de 71 millones de colones para rehacer la instalación eléctrica por la seguridad de los que se encuentran allí, ya que mucho no cumple con el código eléctrico y porque en la mayoría de la instalación ya cumplió su vida útil.

## Capítulo 6. Recomendaciones.

1. Considerando el estado actual de cada elemento que compone la instalación eléctrica, la antigüedad de los conductores, paneles de distribución y demás elementos que la conforman se es necesario llevar a cabo la implementación descrita en este documento.
2. En la instalación actual se recomienda hacer un reemplazo de los cables de las acometidas de carácter urgente, ya que los que se seleccionaron en dado momento, están propensos a una sobrecarga, además que los disyuntores no los están protegiendo.
3. Este nuevo rediseño a la hora de su instalación se recomienda hacer con su debido apego a los criterios ingenieriles presentes en este documento.
4. Se debe de tener apego también a los criterios tomados en cuenta por los fabricantes con respecto a los procedimientos de instalación en algunos dispositivos o equipos eléctricos.
5. Se recomienda la instalación de cable #4/0 AWG THHN 2 por fase en paralelo para cada acometida, dimensionando con base en la capacidad del banco de transformadores, este calibre en vez de 700 MCM para disminuir los costos en el cable de las acometidas hasta en un 40%.
6. Se recomienda se realicen modificaciones o actualizaciones a los planos eléctricos cada vez que haya cambios en la instalación.
7. Según se muestra en el análisis de corto circuito realizado en SKM Power Tools la corriente máxima de corto circuito no sobrepasa los 9100 A por lo que se recomienda una protección de al menos 10 kA de capacidad interruptiva contra corrientes de corto circuito.
8. Se recomienda hacer un análisis de puesta a tierra para sus respectivas mallas de acuerdo a lo que se recomienda dentro de este documento en secciones anteriores.

## Capítulo 7. Anexos

### 7.1. Anexo 1.

En estos anexos se presentarán todas las tablas de resúmenes de cada uno de los tableros del diseño propuesto.

**Tabla 7.1** Corrientes y protecciones del tablero principal acometida 1.

<b>Tablero principal acometida 1 (TP1)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
1,3,5	TSPR-01	19,18	240	46	46	46	3	50
2,4	TBPT-01	24,99	240	104	104		2	100
7,9,11	TTE-01	19,63	240	47	47	47	3	50
8,10	TBC-02	8,31	240		35	35	2	40
13,15	TTCP-01	16,46	240	39,6	39,6	39,6	3	40
14,16,18	TSCP-01	16,24	240	39,1	39,1	39,1	3	40
19,21,23	TDCP	11,73	240	28,2	28,2	28,2	3	30
20,22,24	TPT-01	14,33	240	34	34	34	3	40

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 7.2** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 1.

<b>Tablero principal acometida 1 (TP1)</b>										
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída		Ducto	
			F	N	T		Tensión (%)	mm	in	
<b>Tableros</b>										
1,3,5	TSPR-01	4	6	6	8	40	1,80	19	3/4	
2,4	TBPT-01	3	2	2	8	25	1,15	25	1	
7,9,11	TTE-01	4	6	6	10	25	1,15	19	3/4	
8,1	TBC-02	3	8	8	10	35	2,09	13	1/2	
13,15	TTCP-01	4	8	8	10	45	2,65	13	1/2	
14,16,18	TSCP-01	4	8	8	10	35	2,03	13	1/2	
19,21,23	TDCP	4	10	10	12	45	2,91	13	1/2	
20,22,24	TPT-01	4	8	8	10	65	2,16	13	1/2	

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 7.3** Corrientes y protecciones del tablero secundario panel rampa.

<b>TSPR-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
<b>1,3,5</b>	Ta-01 (Verticales)	11,94	240	28,7	28,7	28,7	3	40
<b>2,4,6</b>	Ta-02 (Alternativos)	8,7	240	20,9	20,9	20,9	3	30
<b>7,9,11</b>	Ta-03(MS)	17,7	240	42,6	42,6	42,6	3	50
<b>Equipos</b>								
<b>8,10,12</b>	Ascensor alimentos	5,8	240	14	14	14	3	20
<b>13,15</b>	Cargador 1	3	240	12,5	12,5		2	20
<b>14,16</b>	Cargador 2	3	240	12,5	12,5		2	20

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.4** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario panel rampa.

<b>TSPR-01</b>										
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída		Ducto	
			F	N	T		Tensión (%)	mm	in	
<b>Tableros</b>										
<b>1,3,5</b>	Ta-01 (Verticales)	4	8	8	10	40	1,71	13	1/2	
<b>2,4,6</b>	Ta-02 (Alternativos)	4	10	10	12	25	1,20	13	1/2	
<b>7,9,11</b>	Ta-03(MS)	4	6	6	8	30	1,25	19	3/4	
<b>Equipos</b>										
<b>8,10,12</b>	Ascensor alimentos	4	12	12	12	15	0,75	13	1/2	
<b>13,15</b>	Cargador 1	3	12	12	12	20	0,90	13	1/2	
<b>14,16</b>	Cargador 2	3	12	12	12	20	0,90	13	1/2	

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.5** Corrientes y protecciones del tablero bodega producto terminado.

<b>TBPT-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
<b>1,3</b>	Tb-01	6,5	240	27,1	27,1		2	30
<b>2,4</b>	Tb-02	6,5	240		27,1	27,1	2	30

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.6** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero bodega producto terminado.

<b>TBPT-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3</b>	Tb-01	3	10	10	12	30	1,86	13	1/2
<b>2,4</b>	Tb-02	3	10	10	12	30	2,18	13	1/2

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.7** Corrientes y protecciones del tablero taller electromecánico.

<b>TTE-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
<b>1,3</b>	Máquina soldar1	11	240	45,8	46		2	50
<b>2,4</b>	Máquina soldar2	11	240		45,8	45,8	2	50
<b>7,9,11</b>	Torno	4,2	240	10,1	10,1	10,1	3	20
<b>6,8,10</b>	Fresadora	3,7	240	8,9	8,9	8,9	3	20
<b>5</b>	Tomas esmeriladoras	1,7	120	14,2			1	20
<b>12</b>	Toma taladro vertical	1,2	120		10		1	20
<b>13,15</b>	Cierra circular	1,6	240		6,67	6,67	2	20
<b>Iluminación general</b>								
<b>14</b>	Iluminación taller	2,3	120	19,2			1	30
<b>16</b>	Iluminación bodega y comedor	2,5	120		20,8		1	30
<b>Tomas generales</b>								
<b>17</b>	Tomas comedor	1,5	120			12,5	1	20
<b>18</b>	Tomas generales taller	2,87	120	23,9			1	30

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.8** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero taller electromecánico.

<b>TTE-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			m	in
<b>Equipos</b>									
1,3	Máquina soldar1	3	6	6	8	10	0,52	19	3/4
2,4	Máquina soldar2	3	6	6	8	15	0,78	19	3/4
7,9,11	Torno	4	12	12	12	30	1,09	13	1/2
6,8,10	Fresadora	4	12	12	12	35	1,12	13	1/2
5	Tomas esmeriladoras	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
12	Toma taladro vertical	3	12	12	12	35	2,99	13	1/2
13,15	Cierra circular	3	12	12	12	45	1,28	13	1/2
<b>Iluminación general</b>									
14	Iluminación taller	3	10	10	12	27	2,8	13	1/2
16	Iluminación bodega y comedor	3	10	10	12	25	2,8	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
17	Tomas comedor	3	12	12	12	25	2,7	13	1/2
18	Tomas generales taller	3	10	10	12	20	2,6	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.9** Corrientes y protecciones del tablero bodega compras.

<b>TBC-02</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
1,3	Tc-01 (1piso)	11,7	240	48,8	48,8		2	50
2,4	Tc-02 (2piso)	17,3	240		72,1	72,1	2	80
5,7	Tc-03(casetilla)	3,2	240	13,3	13,3		2	20
<b>Equipos</b>								
6,8	Calentador de agua	9,6	240	40	40		2	50
9,11	Bomba	0,37	240		1,54	1,54	2	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.10** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero bodega compras.

<b>TBC-02</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1,3	Tc-01 (1piso)	3	6	6	8	25	1,39	19	3/4
2,4	Tc-02 (2piso)	3	2	2	8	15	0,55	25	1
5,7	Tc-03(casetilla)	3	10	10	12	80	2,86	13	1/2
<b>Equipos</b>									
5,7	Calentador de agua	3	8	8	10	30	2,05	13	1/2
6,8	Bomba	3	12	12	12	30	0,20	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.11** Corrientes y protecciones del tablero tanques cuidado personal.

<b>TTCP-01</b>									
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección		
				L1	L2	L3	Polos	Amp.	
<b>Equipos</b>									
1,3,5	Tanque1	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20	
2,4,6	Tanque2	0,75	240	1,8	1,8	1,8	3	20	
7,9,11	Tanque3	4,1	240	9,86	9,86	9,86	3	20	
8,10,12	Tanque4	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20	
13,15,17	Tanque5	7,45	240	17,9	17,9	17,9	3	20	
14,16,18	Tanque6	3,73	240	8,97	8,97	8,97	3	20	
19,21,23	Tanque7	8,5	240	20,4	20,4	20,4	3	20	
20,22,24	Tanque8	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20	
25,27,29	Tanque9	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20	

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.12** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero tanques cuidado personal.

<b>TTCP-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Equipos</b>									
1,3,5	Tanque1	4	12	12	12	25	0,48	13	1/2
2,4,6	Tanque2	4	12	12	12	28	0,18	13	1/2
7,9,11	Tanque3	4	12	12	12	30	1,06	13	1/2
8,10,12	Tanque4	4	12	12	12	34	0,66	13	1/2
13,15,17	Tanque5	4	12	12	12	36	2,32	13	1/2
14,16,18	Tanque6	4	12	12	12	40	1,29	13	1/2
19,21,23	Tanque7	4	12	12	12	37	2,72	13	1/2
20,22,24	Tanque8	4	12	12	12	27	0,52	13	1/2
25,27,29	Tanque9	4	12	12	12	25	0,48	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.13** Corrientes y protecciones del tablero secundario cuidado personal.

<b>Tablero secundario CP (TSCP-01)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
1,3	Td-01	14,2	240	59,2	59,2		2	60
<b>Equipos</b>								
2,4,6	Control struder	17	240	40,9	40,9	40,9	3	40
5,7,9	Mezclador struder	6	240	14,4	14,4	14,4	3	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.14** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundario cuidado personal.

<b>Tablero secundario CP (TSCP-01)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1,3	Td-01	3	6	6	10	5	0,34	19	3/4
<b>Equipos</b>									
5,7,9	Control struder	4	8	8	10	20	1,22	13	1/2
6,8,10	Mezclador. struder	4	12	12	12	20	1,04	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.15** Corrientes y protecciones del tablero detrás cuidado personal.

TDCP								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
Equipos								
1,3,5	Bombas fría, caliente	2,62	240	6,3	6,3	6,3	3	20
2,4,6	Bandas transportadoras	2,6	240	6,25	6,25	6,25	3	20
7,9,11	Bomba pre-mezcla	1,12	240	2,69	2,69	2,69	3	20
8,10	Batid-Taladro	1,3	240	5,42	5,42		2	20
12,14	A/C	2,2	240		9,2	9,2	2	20
13,15	Comp. enfría	3,2	240	13,3		13,3	2	20
16,18	Extrac1	2,47	240	5,94	5,94		2	20
17,19	Extrac2	2,94	240	7,07	7,07		2	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.16** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero detrás cuidado personal.

TDCP									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
Equipos									
1,3,5	Bombas fría, caliente	4	12	12	12	30	0,68	13	1/2
2,4,6	Bandas transportador	4	12	12	12	30	0,68	13	1/2
7,9,11	Bomba pre-mezcla.	4	12	12	12	25	0,24	13	1/2
8,10	Batidor-Taladro	3	12	12	12	40	0,93	13	1/2
12,14	A/C	3	12	12	12	35	1,38	13	1/2
13,15	Comp. enfría	3	12	12	12	30	0,00	13	1/2
16,18	Extrac1	3	12	12	12	38	0,96	13	1/2
17,19	Extrac2	3	12	12	12	45	1,36	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.17** Corrientes y protecciones del tablero planta tratamiento.

<b>TPT-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
<b>1,3,5</b>	Soplador	7,5	240	27,1	27,1	27,1	3	40
<b>2,4,6</b>	Bombas	2,24	240	5,39	5,39	5,39	3	20
<b>7</b>	Tomas y luces	1,5	120	12,5			1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.18** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero planta tratamiento.

<b>TPT-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud	Caída	Ducto	
			F	N	T	Crítica (m)	Tensión (%)	mm	in
<b>Equipos</b>									
<b>1,3,5</b>	Soplador	4	8	8	10	10	0,40	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Bombas	4	12	12	12	40	0,78	13	1/2
<b>7</b>	Tomas y luces	3	12	12	12	15	1,35	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.19** Corrientes y protecciones del tablero Ta-01.

<b>Ta-01(Verticales)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad	Tensión	Corriente (A)			Protección	
		(kVA)	(V)	L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
<b>1,3,5</b>	Vertical 14-1	2,97	240	7,1	7,1	7,14	3	20
<b>2,4,6</b>	Horno9	4,62	240	11,1	11,1	11,1	3	20
<b>7,9,11</b>	Horno10	4,62	240	11,1	11,1	11,1	3	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.20** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-01.

<b>Ta-01(Verticales)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Equipos</b>									
<b>1,3,5</b>	Vertical 14-1	4	12	12	12	20	0,51	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Horno9	4	12	12	12	15	0,60	13	1/2
<b>7,9,11</b>	Horno10	4	12	12	12	15	0,60	13	1/2

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

**Tabla 7.21** Corrientes y protecciones del tablero Ta-02.

<b>Ta-02(Alternativos)</b>									
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección		
				L1	L2	L3	Polos	Amp.	
<b>Equipos</b>									
<b>1,3</b>	Bandrite1	2,8	240	11,7	11,7		2	20	
<b>2,4</b>	Bandrite2	2,8	240		11,7	11,7	2	20	
<b>5,7</b>	Bandrite3	2,8	240	11,7		11,7	2	20	
<b>6,8,10</b>	Hunicrame1	4,36	240	10,5	10,5	10,5	3	20	
<b>9,11,13</b>	Panda	4,99	240	12	12	12	3	20	
<b>Iluminación</b>									
<b>12</b>	Iluminación alternativos	1,7	120	14,2			1	20	
<b>Tomas generales</b>									
<b>14</b>	Tomas alternativos1	1,8	120		15		1	20	
<b>15</b>	Tomas alternativos2	1,8	120			15	1	20	

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.22** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-02.

<b>Ta-02(Alternativos)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Equipos</b>									
1,3	Bandrite1	3	12	12	12	25	1,25	13	1/2
2,4	Bandrite2	3	12	12	12	25	1,25	13	1/2
5,7	Bandrite3	3	12	12	12	25	1,25	13	1/2
6,8,10	Hunicrame1	4	12	12	12	35	1,32	13	1/2
9,11,13	Panda	4	12	12	12	35	1,51	13	1/2
<b>Equipos</b>									
12	Iluminación alt.	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
<b>Tomas</b>									
14	Tomas alternativos1	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
15	Tomas alternativos2	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.23** Corrientes y protecciones del tablero Ta-03.

<b>Ta-03</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
1,3,5	Motor MS	15	240	36,1	36,1	36,1	3	40
2,4	Bandrite MS	2,8	240	11,7	11,7		2	20
<b>Iluminación</b>								
6	Iluminación MS	1,5	120	12,5			1	20
<b>Tomas generales</b>								
7	Tomas generales	1,7	120		14,2		1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 7.24** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Ta-03.

<b>Ta-03</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1,3,5	Motor MS	4	8	8	10	15	0,80	13	1/2
2,4	Bandrite MS	3	12	12	12	20	1,00	13	1/2
<b>Equipos</b>									
6	Iluminación MS	3	12	12	12	15	1,60	13	1/2
7	Tomas generales	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.25** Corrientes y protecciones del tablero Tb-01.

<b>Tb-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,6	120	13,3			1	20
2	Iluminación2	1,5	120		12,5		1	20
3	Iluminación3	1,8	120			15	1	20
4	Iluminación4	1,7	120	14,2			1	20
<b>Tomas generales</b>								
5	Tomas1	1,6	120		13,3		1	20
6	Tomas2	1,5	120			12,5	1	20
7	Tomas3	1,5	120	12,5			1	20
<b>Equipos</b>								
8,10	A/C oficina	3,8	240	15,8	15,8	15,8	2	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.26** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tb-01.

<b>Tb-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1	Iluminación1	3	12	12	12	25	2,85	13	1/2
2	Iluminación2	3	12	12	12	25	2,67	13	1/2
3	Iluminación3	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
4	Iluminación4	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
5	Tomas1	3	12	12	12	25	2,85	13	1/2
6	Tomas2	3	12	12	12	20	2,14	13	1/2
7	Tomas3	3				25	2,67	13	1/2
<b>Equipos</b>									
8,10	A/C oficina	3	12	12	12	25	1,69	13	1/2

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.27** Corrientes y protecciones del tablero Tb-02.

<b>Tb-02</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,9	120	15,8			1	20
2	Iluminación2	1,8	120		15		1	20
3	Iluminación3	1,7	120			14,2	1	20
<b>Tomas generales</b>								
4	Tomas1	1,5	120		12,5		1	20
5	Tomas2	1,5	120			12,5	1	20
<b>Equipos</b>								
6,8	Cargador	2,8	240	11,7	11,7		2	20

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.28** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tb-02.

<b>Tb-02</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1	Iluminación1	3	12	12	12	25	3,38	13	1/2
2	Iluminación2	3	12	12	12	25	3,20	13	1/2
3	Iluminación3	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
4	Tomas1	3	12	12	12	25	2,67	13	½
5	Tomas2	3	12	12	12	20	2,14	13	½
<b>Equipos</b>									
6,8	Cargador	3	12	12	12	25	1,25	13	½

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.29** Corrientes y protecciones del tablero Tc-01.

<b>Tc-01 (1 piso)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,9	120	15,8			1	20
2	Iluminación2	1,8	120	15			1	20
<b>Tomas generales</b>								
4	Tomas1	1,5	120	12,5			1	20
5	Tomas2	1,5	120	12,5			1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.30** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tc-01.

<b>Tc-01 (1 piso)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1	Iluminación1	3	12	12	12	25	3,38	13	1/2
2	Iluminación2	3	12	12	12	25	3,20	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
4	Tomas1	3	12	12	12	25	2,67	13	½
5	Tomas2	3	12	12	12	20	2,14	13	½

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.31** Corrientes y protecciones del tablero Tc-02.

<b>Tc-02 (2piso)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,9	120	15,8			1	20
2	Iluminación2	1,8	120		15		1	20
3	Iluminación3	1,7	120			14,2	1	20
<b>Tomas generales</b>								
4	Tomas1	1,5	120		12,5		1	20
5	Tomas2	1,5	120			12,5	1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.32** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tc-02.

<b>Tc-02 (2piso)</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1	Iluminación1	3	12	12	12	25	3,38	13	1/2
2	Iluminación2	3	12	12	12	25	3,20	13	1/2
3	Iluminación3	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
4	Tomas1	3	12	12	12	25	2,67	13	1/2
5	Tomas2	3	12	12	12	20	2,14	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.33** Corrientes y protecciones del tablero Tc-03.

<b>Tc-03 (casetilla)</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,5	120	12,5			1	20
<b>Tomas generales</b>								
2	Tomas1	1,5	120		12,5		1	20
3	Tomas2	1,5	120			12,5	1	20
<b>Equipos</b>								
4,6	Motor portón	1,5	240	6,25	6,25		2	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.34** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tc-03.

<b>Tc-03 (casetilla)</b>										
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto		
			F	N	T			mm	in	
<b>Tableros</b>										
1	Iluminación1	3	12	12	12	10	1,07	13	1/2	
<b>Tomas generales</b>										
2	Tomas1	3	12	12	12	10	1,07	13	1/2	
3	Tomas2	3	12	12	12	10	1,07	13	1/2	
<b>Equipos</b>										
4,6	Motor portón	3	12	12	12	15	0,40	13	1/2	

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.35** Corrientes y protecciones del tablero Td-01.

<b>Td-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,6	120	13,3			1	20
2	Iluminación2	1,7	120		14,2		1	20
3	Iluminación3	1,8	120			15,0	1	20
<b>Tomas generales</b>								
4	Tomas1	1,7	120	14,2			1	20
5	Tomas2	1,7	120		14,2		1	20
6	Tomas3	1,9	120			15,8	1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.36** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Td-01.

<b>Td-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1	Iluminación1	3	12	12	12	25	2,85	19	1/2
2	Iluminación2	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
3	Iluminación3	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
<b>Equipos</b>									
4	Tomas1	3	12	12	12	20	2,42	13	1/2
5	Tomas2	3	12	12	12	15	1,82	13	1/2
6	Tomas3	3	12	12	12	20	2,71	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel

**Tabla 7.37** Corrientes y protecciones del tablero principal acometida 2.

**Tablero principal acometida 2 (TP2)**

#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
<b>1,3,5</b>	TBMP	19,05	240	45,83	45,8	45,8	3	50
<b>2,4</b>	TCF-01	14,74	240		61,4	61,4	2	60
<b>7,9,11</b>	TSDH-01	36,99	240	89	89	89	3	90
<b>8,10,12</b>	TSGA-01	10,83	240	26,05	26,1	26,1	3	30
<b>13,15</b>	TG02	12,4	240	29,7	29,7		2	30
<b>17,19,21</b>	TDMS	17,31	240	41,66	41,7	41,7	3	40

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.38** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero principal acometida 2.

**Tablero principal acometida 2 (TP2)**

#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3,5</b>	TBMP	4	4	4	10	95	2,76	19	3/4
<b>2,4</b>	TCF-01	3	4	4	10	25	1,11	19	3/4
<b>7,9,11</b>	TSDH-01	4	2	2	8	25	0,98	25	1
<b>8,10,12</b>	TSGA-01	4	10	10	10	40	2,39	13	1/2
<b>13,15</b>	TG02	3	10	10	10	35	2,38	13	1/2
<b>17,19,21</b>	TDMS	4	8	8	10	40	2,48	13	1/2

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.39** Corrientes y protecciones del tablero bodega materia prima.

<b>TBMP-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
1,3	Te-01	8,7	240	36,25	36,25		2	40
2,4	Te-02	7,1	240		29,58	29,58	2	30

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.40** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero bodega materia prima.

<b>TBMP-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1,3	Te-01	3	8	8	12	15	0,93	13	1/2
2,4	Te-02	3	10	10	12	30	2,38	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.41** Corrientes y protecciones del tablero cancha fútbol.

<b>TCF-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación cancha</b>								
1,3	Iluminación1	2,2	240	9,2	9,2		2	20
2,4	Iluminación2	2,2	240		9,2	9,2	2	20
5,7	Iluminación3	2,2	240	9,2	9,2		2	20
6,8	Iluminación4	2,2	240		9,2	9,2	2	20
9,11	Iluminación5	2,2	240	9,2	9,2		2	20
<b>Iluminación general</b>								
12	Luz baños	0,8	120	6,7			1	20
13	luz comedor	1,3	120		10,8		1	20
<b>Tomas generales</b>								
14	Tomas	1,6	120			13,3	1	20
15	Tomas comedor	1,5	120	12,5			1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.42** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero cancha fútbol.

<b>TCF-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Iluminación cancha</b>									
1,3	Iluminación1	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
2,4	Iluminación2	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
5,7	Iluminación3	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
6,8	Iluminación4	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
9,11	Iluminación5	3	12	12	12	15	0,49	13	1/2
<b>Iluminación general</b>									
12	Luz baños	3	12	12	12	15	0,72	13	1/2
13	luz comedor		12	12	12	20	1,56	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
14	Tomas	3	12	12	12	20	1,92	13	1/2
15	Tomas comedor	3	12	12	12	25	2,25	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.43** Corrientes y protecciones del tablero detrás hornos.

<b>Tablero secundario detrás hornos (TSDH-01)</b>									
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección		
				L1	L2	L3	Polos	Amp.	
<b>Tableros</b>									
1,3,5	Tf-01	11,2	240	26,9	26,9	26,9	3	30	
2,4,6	Tf-02	14,8	240	35,6	35,6	35,6	3	40	
<b>Salidas especiales</b>									
7,9,11	Horno 1	5,775	240	13,89	13,9	13,9	3	20	
8,12,14	Horno 2	5,775	240	13,89	13,9	13,9	3	20	

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.44** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero detrás de hornos.

**Tablero secundario detrás hornos (TSDH-01)**

#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3,5</b>	Tf-01	4	10	10	12	30	1,85	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Tf-02	4	8	8	10	35	1,85	13	1/2
<b>Salidas especiales</b>									
<b>17,19,21</b>	Horno 1	4	12	12	12	25	1,25	13	1/2
<b>18,20,22</b>	Horno 2	4	12	12	12	25	1,25	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.45** Corrientes y protecciones del tablero secundario galletas.

**TSGA-01**

#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Tableros</b>								
<b>1,3,5</b>	Tg-01	12,3	240	29,6	29,6	29,6	3	30
<b>2,4</b>	Tg-02	9,7	240	40,4	40,4	40,4	3	40
<b>Salidas especiales</b>								
<b>6,8,10</b>	Galletas1	3,55	240	8,5	8,5	8,5	3	20
<b>7,9,11</b>	Galletas2	3,55	240	8,5	8,5	8,5	3	20

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.46** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero secundarios galletas.

**TSGA-01**

#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3,5</b>	Tg-01	4	10	10	12	15	1,02	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Tg-01	4	8	8	12	4	0,58	13	1/2
<b>Salidas especiales</b>									
<b>8,10,12</b>	Galletas1	4	12	12	12	25	0,77	13	1/2
<b>11,13,15</b>	Galletas2	4	12	12	12	25	0,77	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.47** Corrientes y protecciones del tablero TG02.

<b>TG02</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
1,3,5	Galleta3	3,55	240	8,5	8,5	8,5	3	20
2,4,6	Galleta4	3,55	240	8,5	8,5	8,5	3	20
<b>Iluminación</b>								
7	Iluminación lab1	1,6	120	13,3			1	20
8	Iluminación lab2	1,5	120	12,5			1	20
9	Iluminación galletas	1,3	120	10,8			1	20
<b>Tomas generales</b>								
10	Tomas lab1	1,4	120	11,67			1	20
11	Tomas lab2	1,5	120	12,5			1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.48** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero TG02.

<b>TG02</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Equipos</b>									
1,3,5	Galleta3	4	12	12	12	10	0,31	13	1/2
2,4,6	Galleta4	4	12	12	12	10	0,31	13	1/2
<b>Iluminación</b>									
7	Iluminación lab1	3	12	12	12	25	2,85	13	1/2
8	Iluminación lab2	3	12	12	12	25	0,00	13	1/2
9	Iluminación galletas	3	12	12	12	25	0,00	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
10	Tomas lab1	3	12	12	12	25	2,49	13	1/2
11	Tomas lab2	3	12	12	12	25	2,67	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.49** Corrientes y protecciones del tablero TDMS.

TDMS								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
Equipos								
1,3,5	Horno3	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
2,4,6	Horno4	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
7,9,11	Horno5	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
8,10,12	Horno6	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
13,15,17	Horno7	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
14,16,18	Horno8	5,77	240	13,9	13,9	13,9	3	20
19.21.23	Hunicrame2	4,2	240	10,1	10,1	10,1	3	20
20,22,24	Hunicrame3	4,5	240	10,8	10,8	10,8	3	20
25,27,29	Fry-Pack	3,1	240	7,5	7,5	7,5	3	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.50** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero TDMS.

TDMS									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
Equipos									
1,3,5	Horno3	4	12	12	12	20	1,19	13	1/2
2,4,6	Horno4	4	12	12	12	17	1,01	13	1/2
7,9,11	Horno5	4	12	12	12	14	0,83	13	1/2
8,10,12	Horno6	4	12	12	12	13	0,77	13	1/2
13,15,17	Horno7	4	12	12	12	10	0,59	13	1/2
14,16,18	Horno8	4	12	12	12	15	0,89	13	1/2
19.21.23	Hunicrame1	4	12	12	12	10	0,43	13	1/2
20,22,24	Panda record	4	12	12	12	12	0,55	13	1/2
25,27,29	Fry-Pack	4	12	12	12	15	0,48	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.51** Corrientes y protecciones del tablero Te-01.

<b>Te-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,7	120	14,17			1	20
2	Iluminación2	1,7	120		14,17		1	20
3	Iluminación3	1,8	120			15	1	20
4	Iluminación4	1,9	120	15,83			1	20
<b>Tomas generales</b>								
5	Tomas1	1,6	120		13,33		1	20
6	Tomas2	1,9	120			15,83	1	20
<b>Equipos</b>								
7,9	Cargador	2,7	240		11,25	11,25	2	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.52** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Te-01.

<b>Te-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1	Iluminación1	3	12	12	12	25	3,03	13	1/2
2	Iluminación2	3	12	12	12	25	3,03	13	1/2
3	Iluminación3	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
4	Iluminación4	3	12	12	12	20	2,71	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
5	Tomas1	3	12	12	12	25	2,85	13	½
6	Tomas2	3	12	12	12	20	2,71	13	½
<b>Equipos</b>									
7,9	Cargador	3	12	12	12	15	0,72	13	½

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.53** Corrientes y protecciones del tablero Te-02.

<b>Te-02</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	Iluminación1	1,5	120	12,5			1	20
2	Iluminación2	1,4	120		11,67		1	20
3	Iluminación3	1,5	120			12,5	1	20
4	Iluminación4	1,8	120	15,00			1	20
<b>Tomas generales</b>								
5	Tomas1	1,5	120		12,50		1	20
6	Tomas2	1,7	120			14,17	1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.54** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Te-02.

<b>Te-02</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
1	Iluminación1	3	12	12	12	15	1,60	13	1/2
2	Iluminación2	3	12	12	12	20	1,99	13	1/2
3	Iluminación3	3	12	12	12	18	1,92	13	1/2
4	Iluminación4	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
5	Tomas1	3	12	12	12	20	2,14	13	1/2
6	Tomas2	3	12	12	12	15	1,82	13	1/2

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.55** Corrientes y protecciones del tablero Tf-01.

<b>Tf-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
<b>1,3,5</b>	Máquina barras	4	240	9,6	9,6	9,6	3	20
<b>2,4,6</b>	Batidora1	3,68	240	8,9	8,9	8,9	3	20
<b>7,9,11</b>	Batidora2	3	240	7,2	7,2	7,2	3	20
<b>8,10,12</b>	Batidora3	5,4	240	13,0	13,0	13,0	3	20
<b>13,15,17</b>	Batidoras Horizontales	4,8	240	11,5	11,5	11,5	3	20
<b>14,16,18</b>	Extractores	4,2	240	10,1	10,1	10,1	3	20

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.56** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tf-01.

<b>Tf-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Tableros</b>									
<b>1,3,5</b>	Máquina barras	4	12	12	12	25	1,03	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Batidora1	4	12	12	12	20	0,76	13	1/2
<b>7,9,11</b>	Batidora2	4	12	12	12	20	0,62	13	1/2
<b>8,10,12</b>	Batidora3	4	12	12	12	15	0,83	13	1/2
<b>13,15,17</b>	Batidora Horizontal	4	12	12	12	15	0,74	13	1/2
<b>14,16,18</b>	Extractores	4	12	12	12	35	1,51	13	1/2

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.57** Corrientes y protecciones del tablero Tf-02.

<b>Tf-02</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
1,3,5	Vertical4B	2,97	240	7,1	7,1	7,1	3	20
2,4,6	Vertical14-2	2,97	240	7,1	7,1	7,1	3	20
<b>Iluminación</b>								
7	iluminación1	1,8	120	15,0			1	20
8	iluminación2	1,8	120	15,0			1	20
9	iluminación3	1,8	120	15,0			1	20
10	iluminación4	1,8	120	15,0			1	20
<b>Tomas generales</b>								
11	tomas1	1,8	120	15,0			1	20
12	tomas2	1,8	120	15,0			1	20
13	tomas3	1,8	120	15,0			1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.58** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tf-02.

<b>Tf-02</b>										
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída		Ducto	
			F	N	T		Tensión (%)	mm	in	
<b>Equipos</b>										
1,3,5	Vertical4B	4	12	12	12	25	0,64	13	1/2	
2,4,6	Vertical14-2	4	12	12	12	20	0,51	13	1/2	
<b>Iluminación</b>										
7	iluminación1	3	12	12	12	23	2,95	13	1/2	
8	iluminación2	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2	
9	iluminación3	3	12	12	12	15	1,92	13	1/2	
10	iluminación4	3	12	12	12			13	1/2	
<b>Tomas generales</b>										
11	tomas1	3	12	12	12	22	2,82	13	1/2	
12	tomas2	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2	
13	tomas3	3	12	12	12	15	1,92	13	1/2	

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.59** Corrientes y protecciones del tablero Tg-01.

<b>Tg-01</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Equipos</b>								
<b>1,3,5</b>	Sobadora	2,95	240	7,1	7,1	7,1	3	20
<b>2,4,6</b>	Laminadora1	1,3	240	3,1	3,1	3,1	3	20
<b>7,9,11</b>	Laminadora2	1,3	240	3,1	3,1	3,1	3	20
<b>8,10,12</b>	Laminadora3	1,3	240	3,1	3,1	3,1	3	20
<b>13,15,17</b>	Trinchadoras	2,25	240	5,4	5,4	5,4	3	20

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.60** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tg-01.

<b>Tg-01</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Equipos</b>									
<b>1,3,5</b>	Sobadora	4	12	12	12	15	0,38	13	1/2
<b>2,4,6</b>	Laminadora1	4	12	12	12	15	0,17	13	1/2
<b>7,9,11</b>	Laminadora2	4	12	12	12	10	0,11	13	1/2
<b>8,10,12</b>	Laminadora3	4	12	12	12	20	0,23	13	1/2
<b>13,15,17</b>	Trinchadoras	4	12	12	12	15	0,29	13	1/2

*Fuente: Elaboración propia en Excel.*

**Tabla 7.61** Corrientes y protecciones del tablero Tg-02.

<b>Tg-02</b>								
#Circ.	Descripción.	Capacidad (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				L1	L2	L3	Polos	Amp.
<b>Iluminación</b>								
1	iluminación1	1,8	120	15,0			1	20
2	iluminación2	1,8	120		15,0		1	20
3	iluminación3	1,8	120			15,0	1	20
4	iluminación4	1,8	120	15,0			1	20
<b>Tomas generales</b>								
5	tomas1	1,8	120	15,0			1	20
6	tomas2	1,8	120		15,0		1	20
7	tomas3	1,8	120			15,0	1	20
8	tomas4	1,8	120	15,0			1	20

Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Tabla 7.62** Calibres, caída de tensión y ducto del tablero Tg-02.

<b>Tg-02</b>									
#Circ.	Descripción.	#cables	Calibres (THHN)			Longitud Crítica (m)	Caída Tensión (%)	Ducto	
			F	N	T			mm	in
<b>Iluminación</b>									
1	iluminación1	3	12	12	12	15	1,92	13	1/2
2	iluminación2	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
3	iluminación3	3	12	12	12	17	2,18	13	1/2
4	iluminacion4	3	12	12	12	20	2,56	13	1/2
<b>Tomas generales</b>									
5	tomas1	3	12	12	12	20	2,56	13	½
6	tomas2	3	12	12	12	18	2,31	13	½
7	tomas3	3	12	12	12	20	2,56	13	½
8	tomas4	3	12	12	12	25	2,70	13	½

Fuente: Elaboración propia en Excel.

## 7.2. Anexo 2.

En esta sección de anexos se presentará el diagrama unifilar realizado en SKM Power Tools, con los datos de cortocircuito obtenidos.

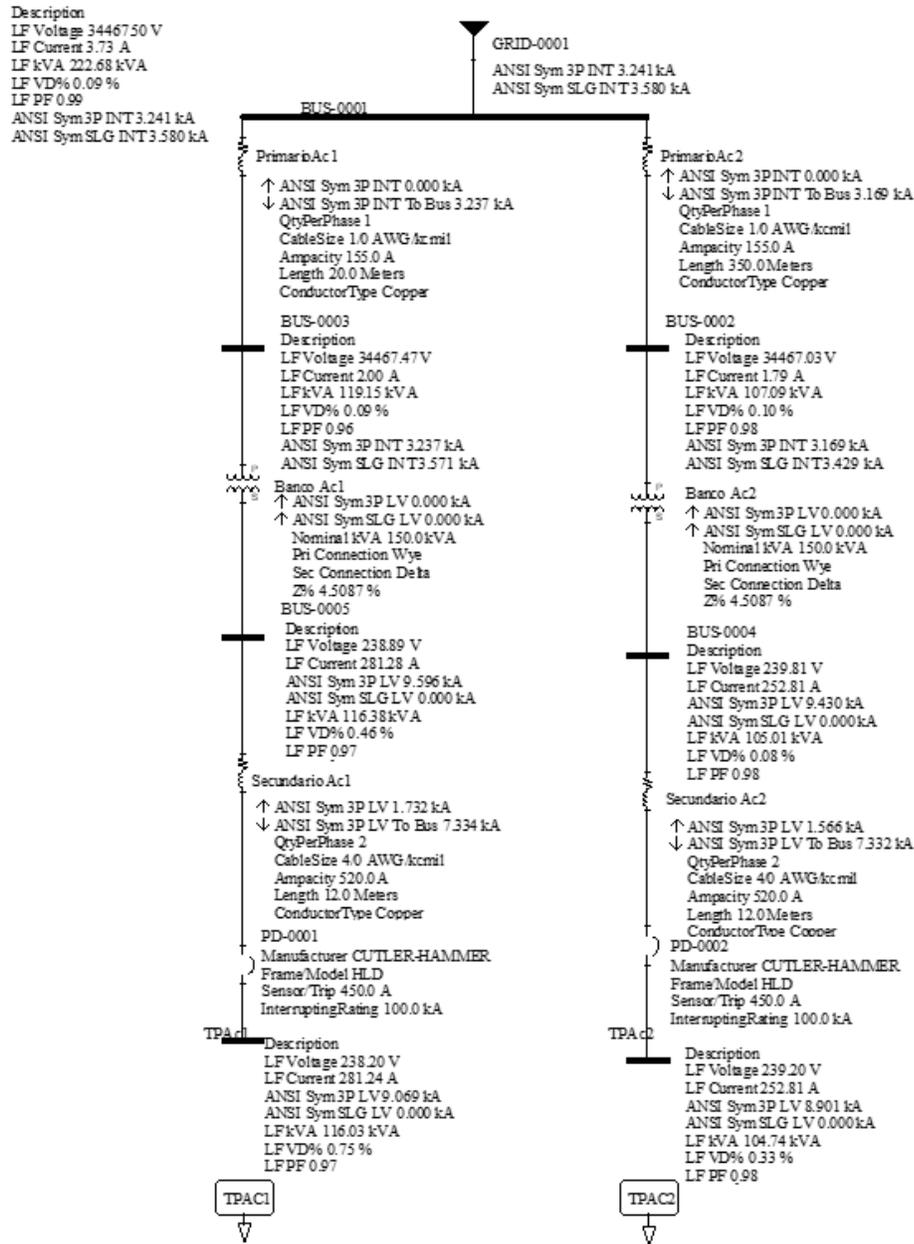


Figura 7.1 Diagrama unifilar Acometidas

Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

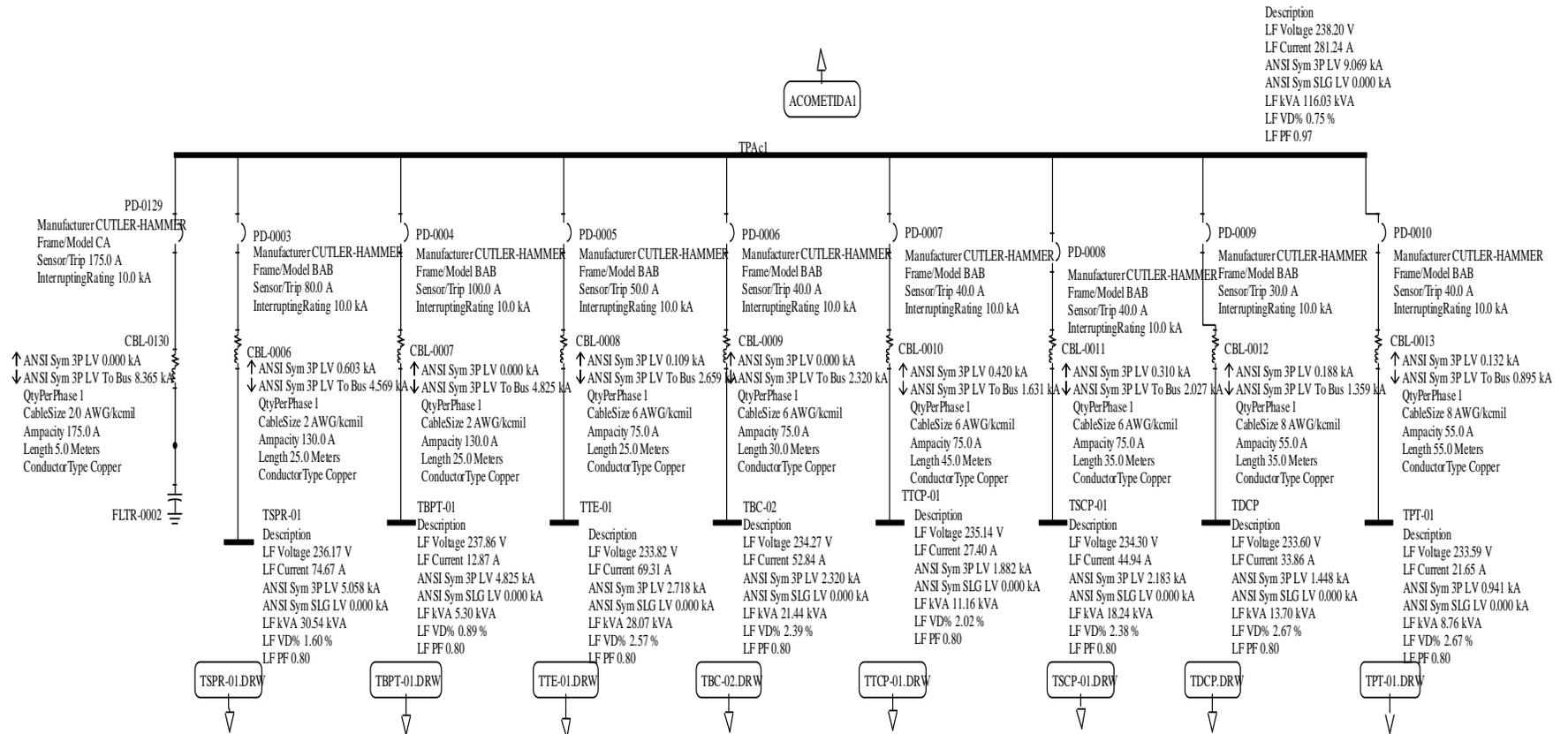


Figura 7.2 Diagrama unifilar TPAc1

Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

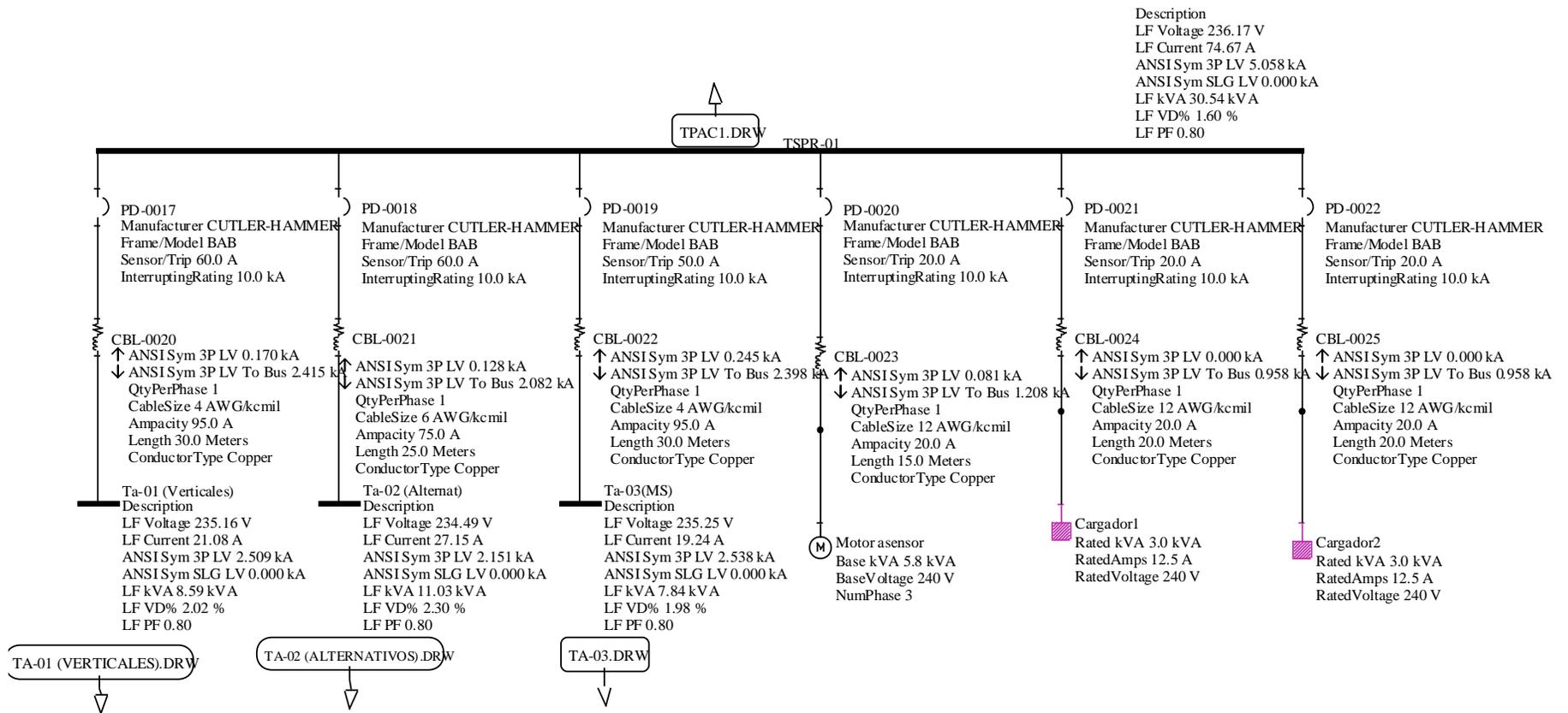


Figura 7.3 Diagrama unifilar TSPR-01  
 Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

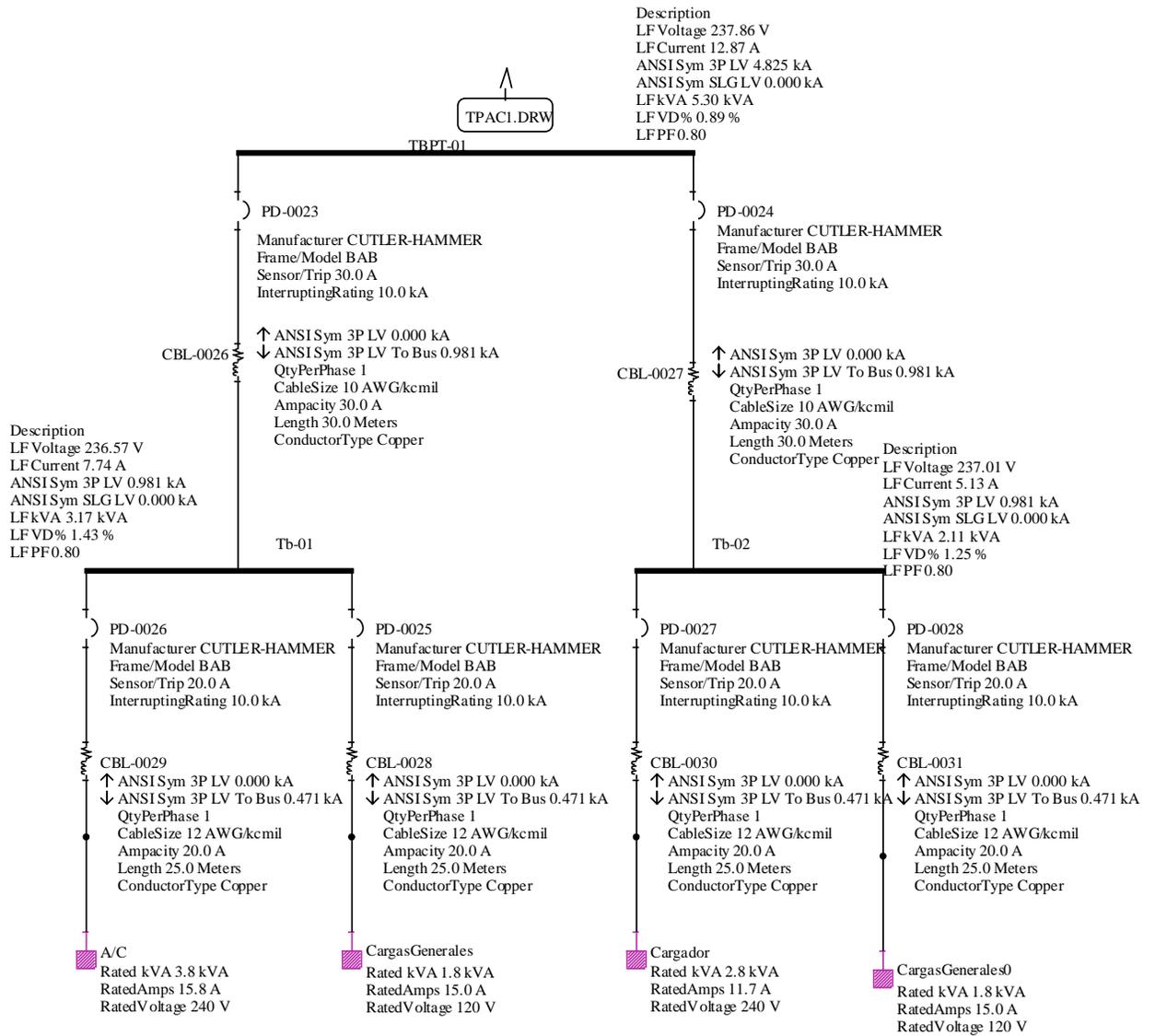


Figura 7.4 Diagrama unifilar TBPT-01  
Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

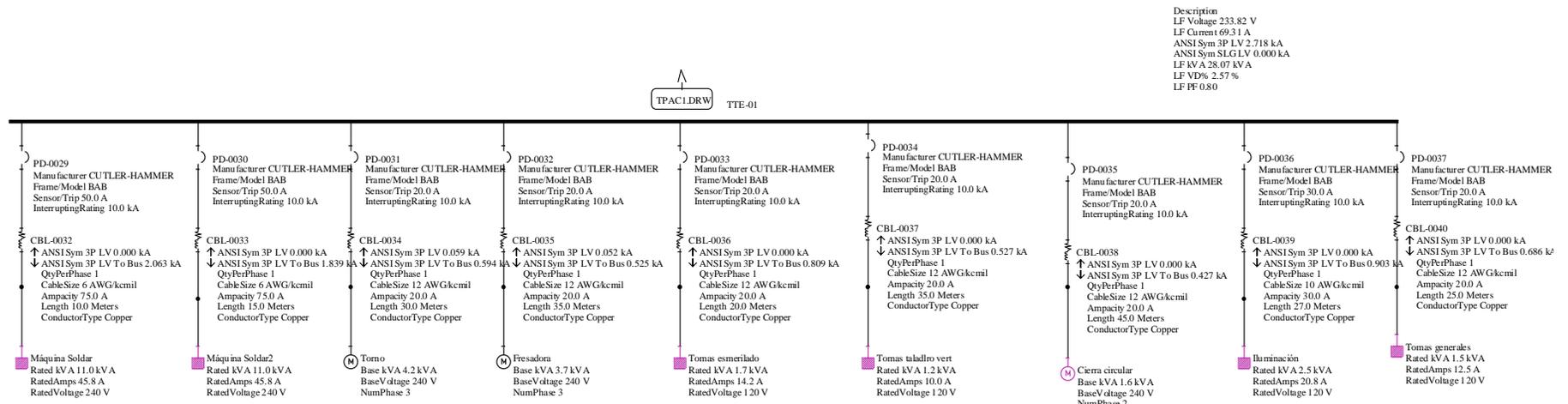


Figura 7.5 Diagrama unifilar TTE-01  
 Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

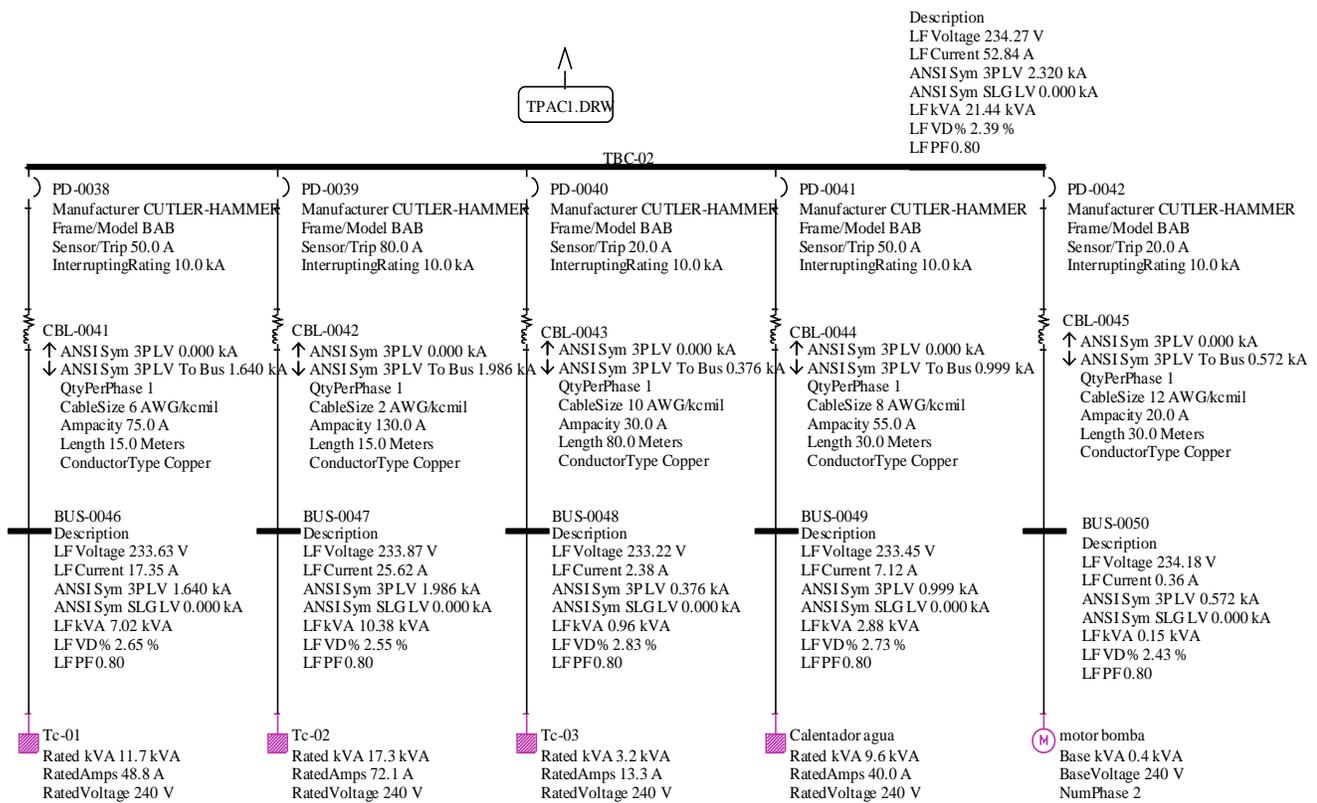


Figura 7.6 Diagrama unifilar TBC-02

Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

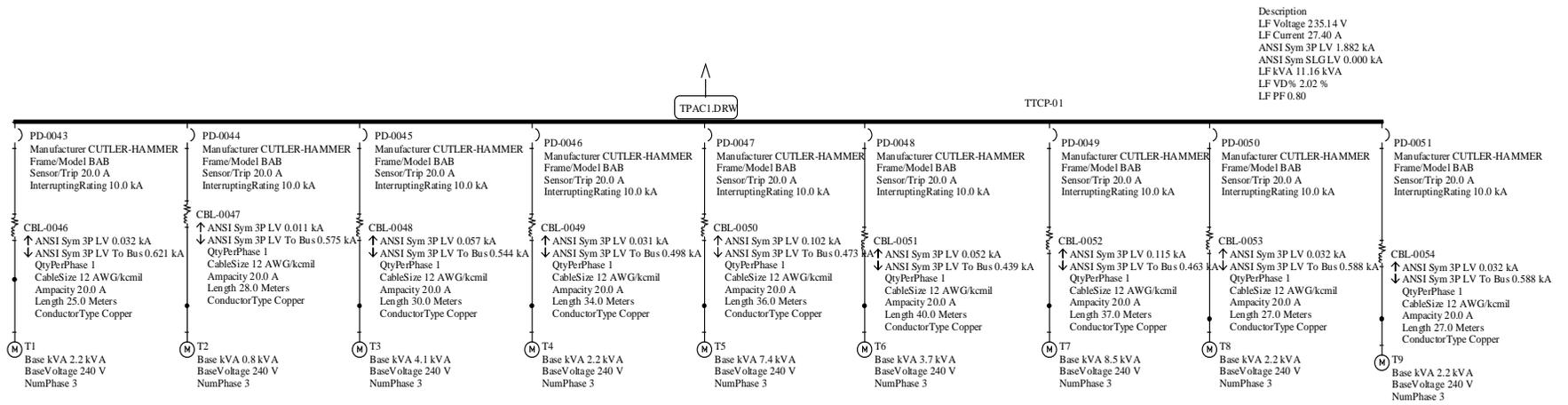


Figura 7.7 Diagrama unifilar TTCP-01  
 Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

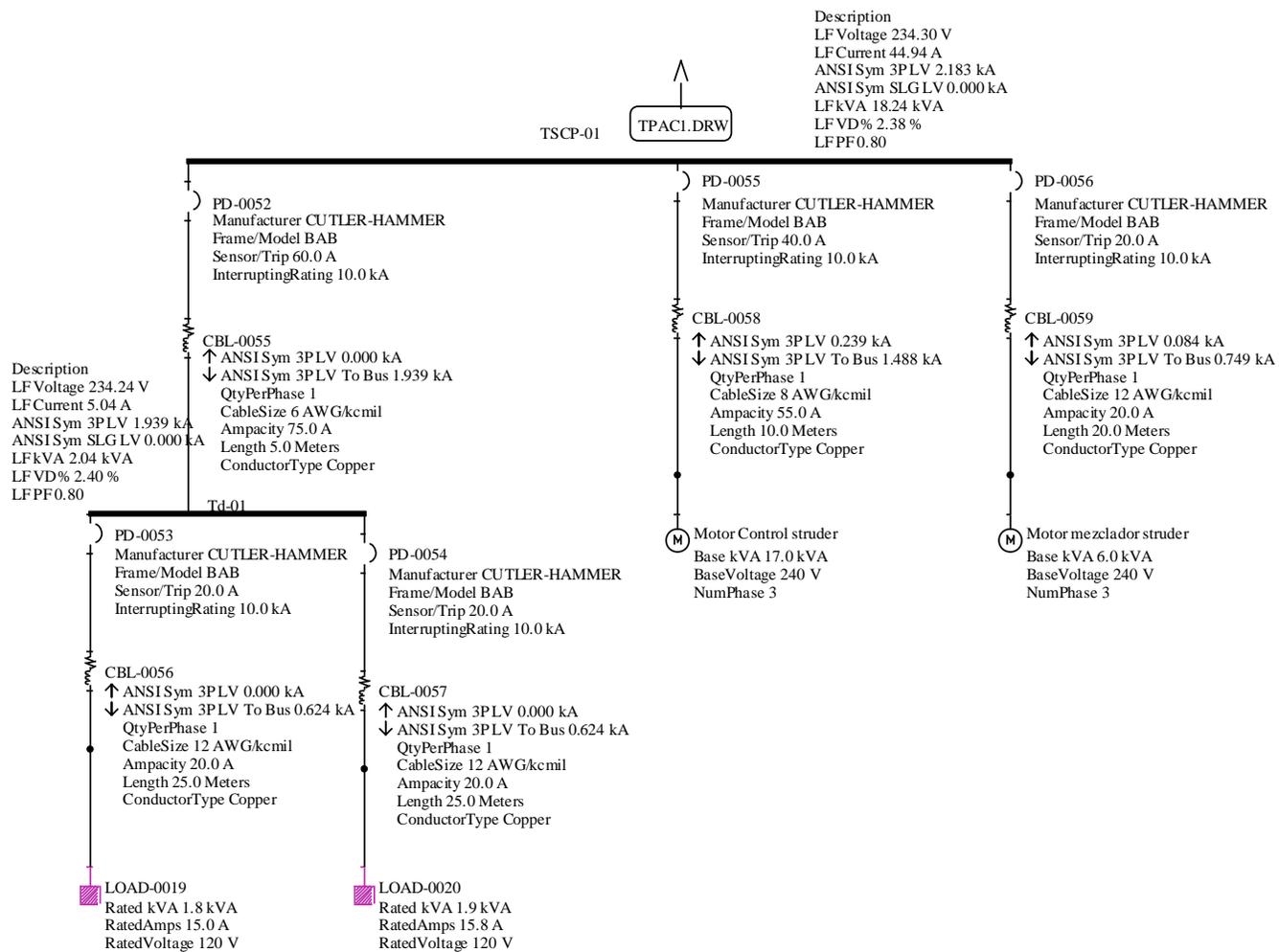


Figura 7.8 Diagrama unifilar TSCP-01  
 Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

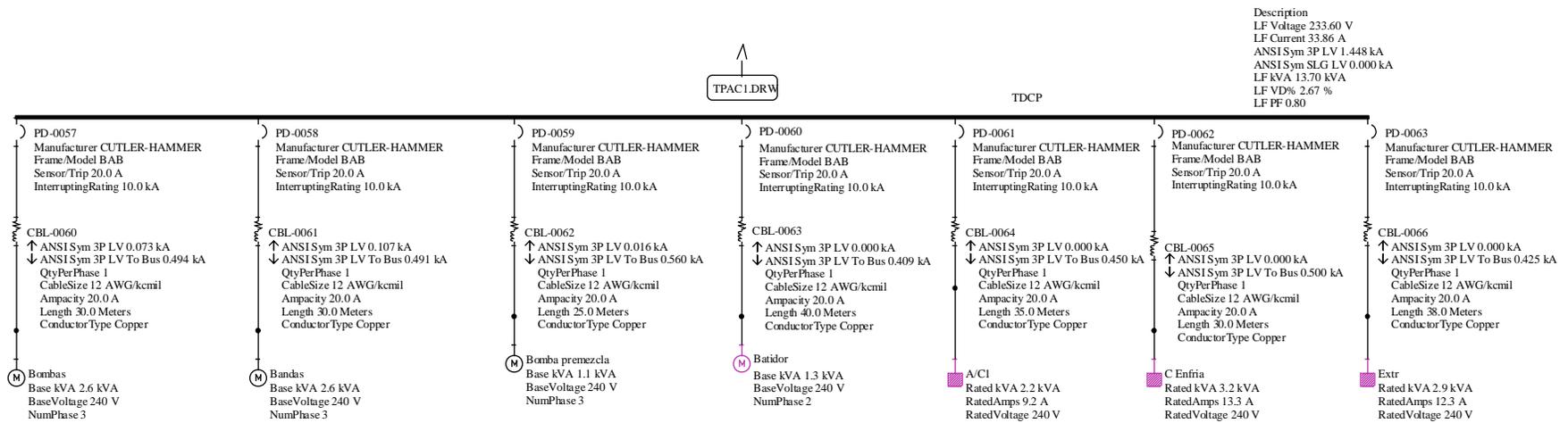


Figura 7.9 Diagrama unifilar TDCP

Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

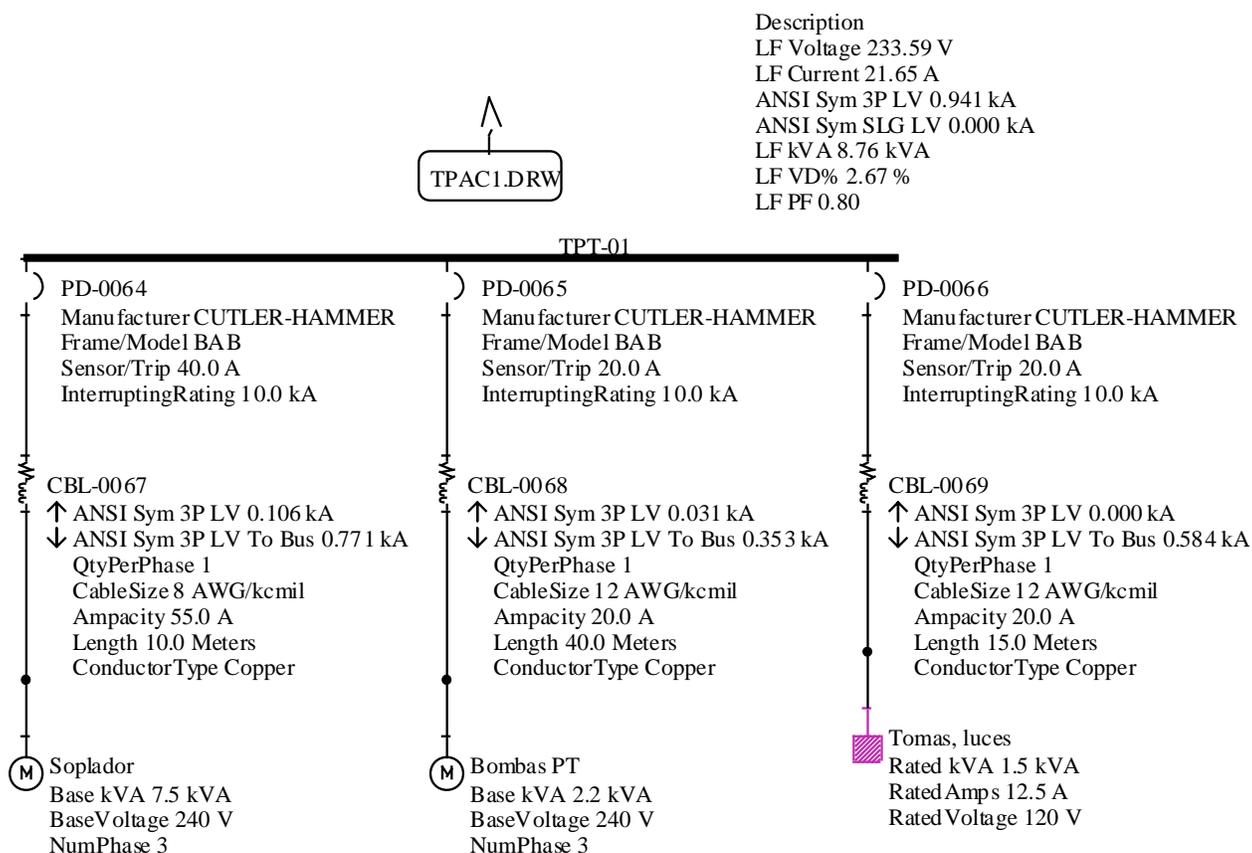


Figura 7.10 Diagrama unifilar TPT-01  
 Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

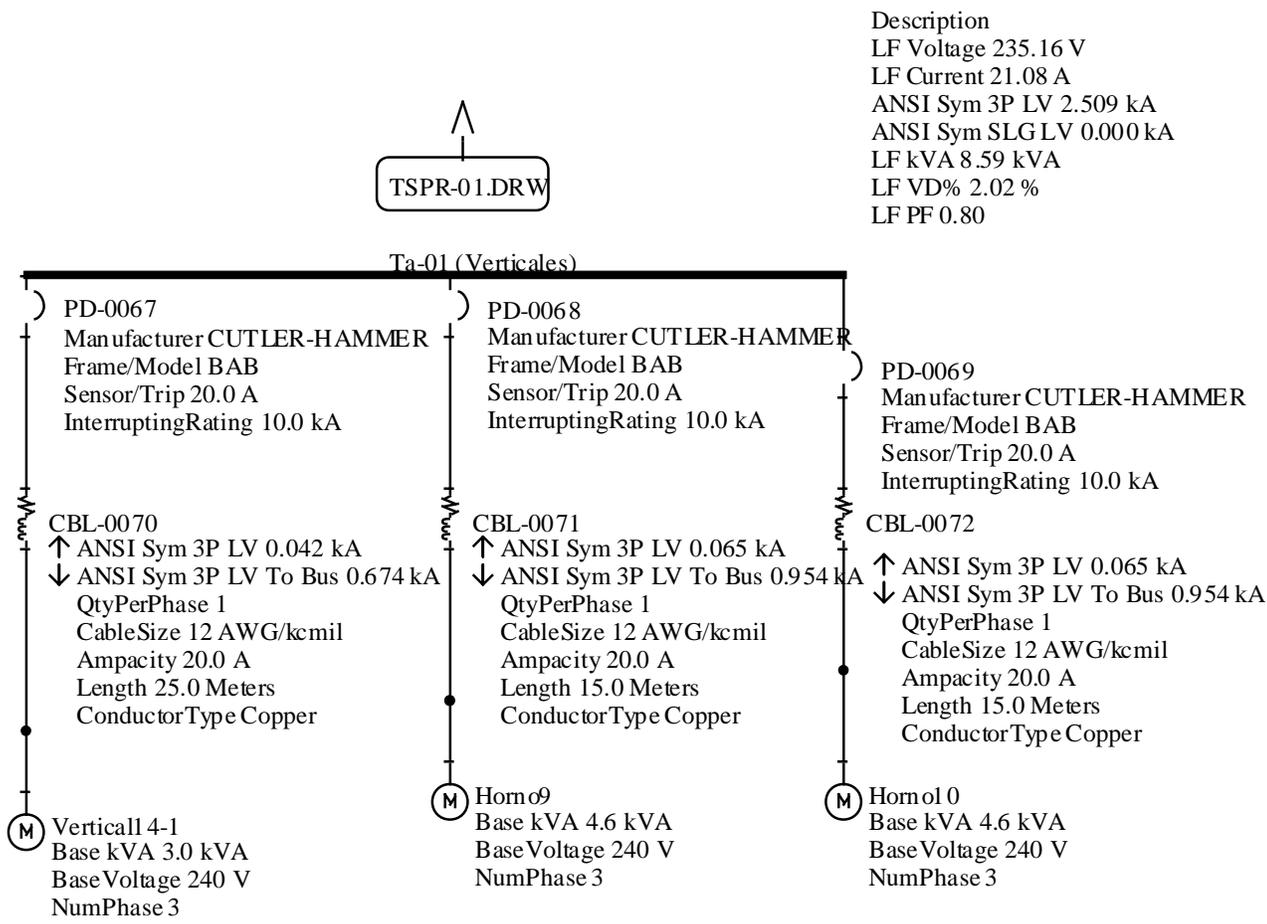


Figura 7.11 Diagrama unifilar Ta-01  
Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

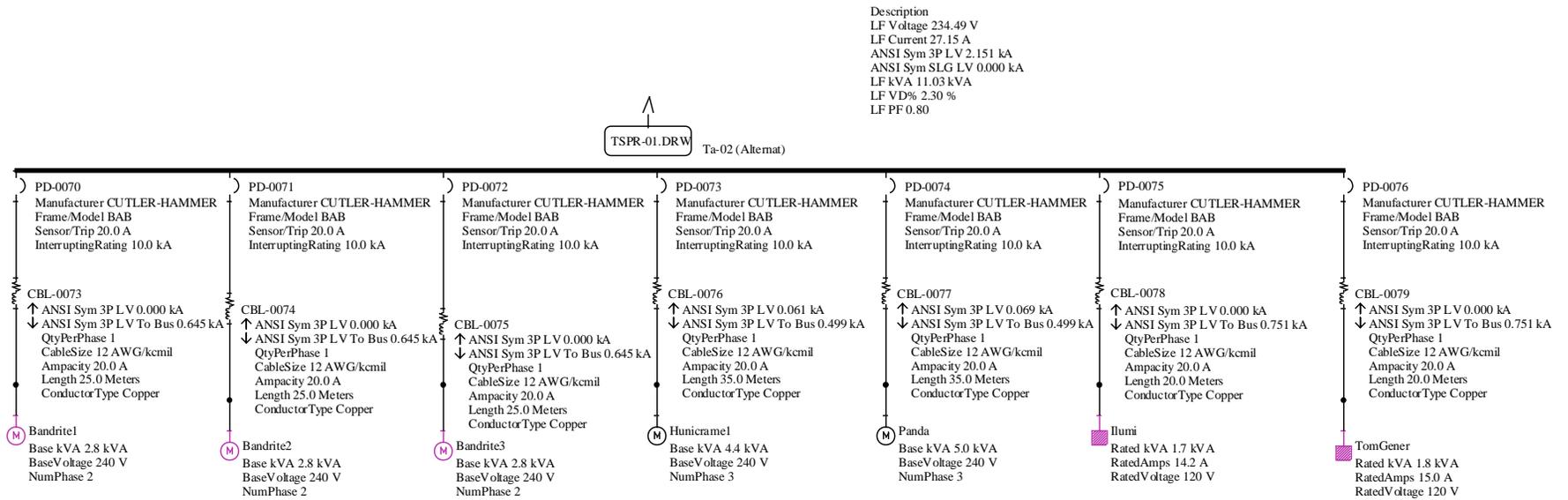


Figura 7.12 Diagrama unifilar Ta-02  
Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

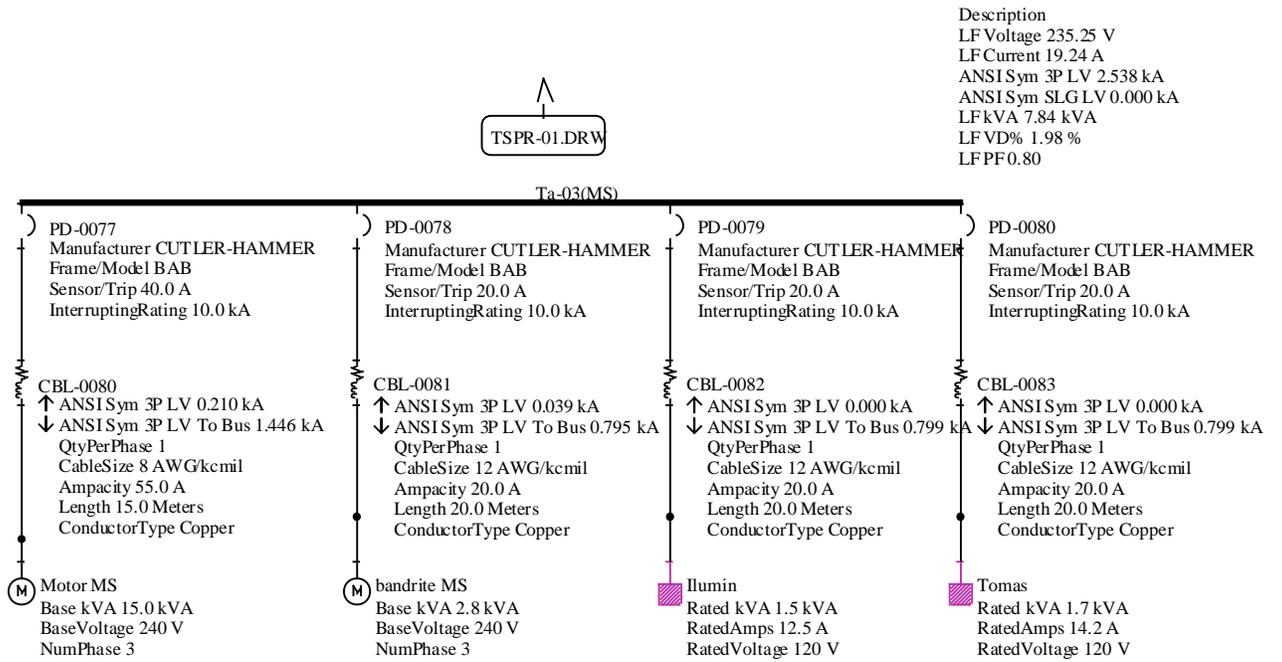


Figura 7.13 Diagrama unifilar Ta-03  
Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

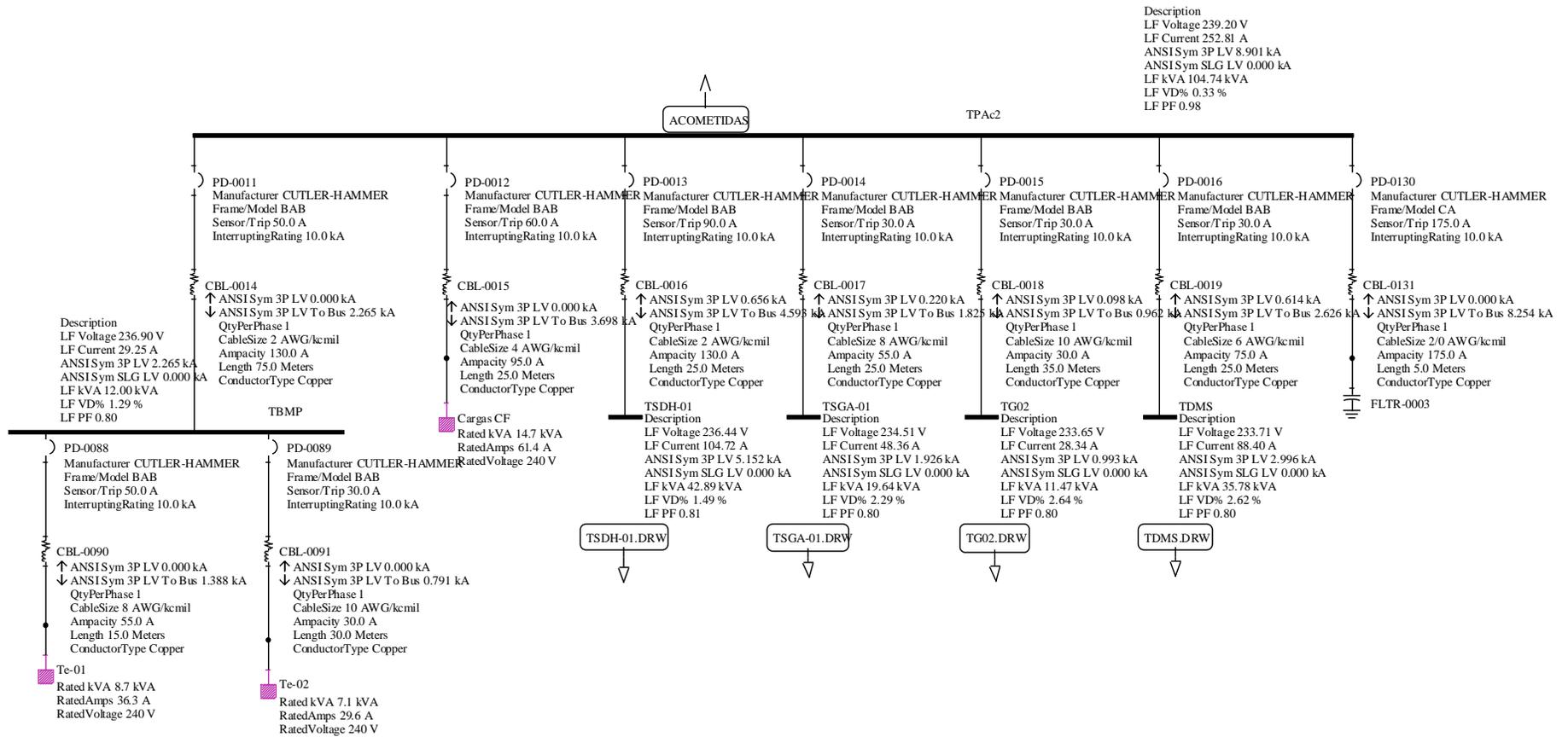


Figura 7.14 Diagrama unifilar TPAc2  
 Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

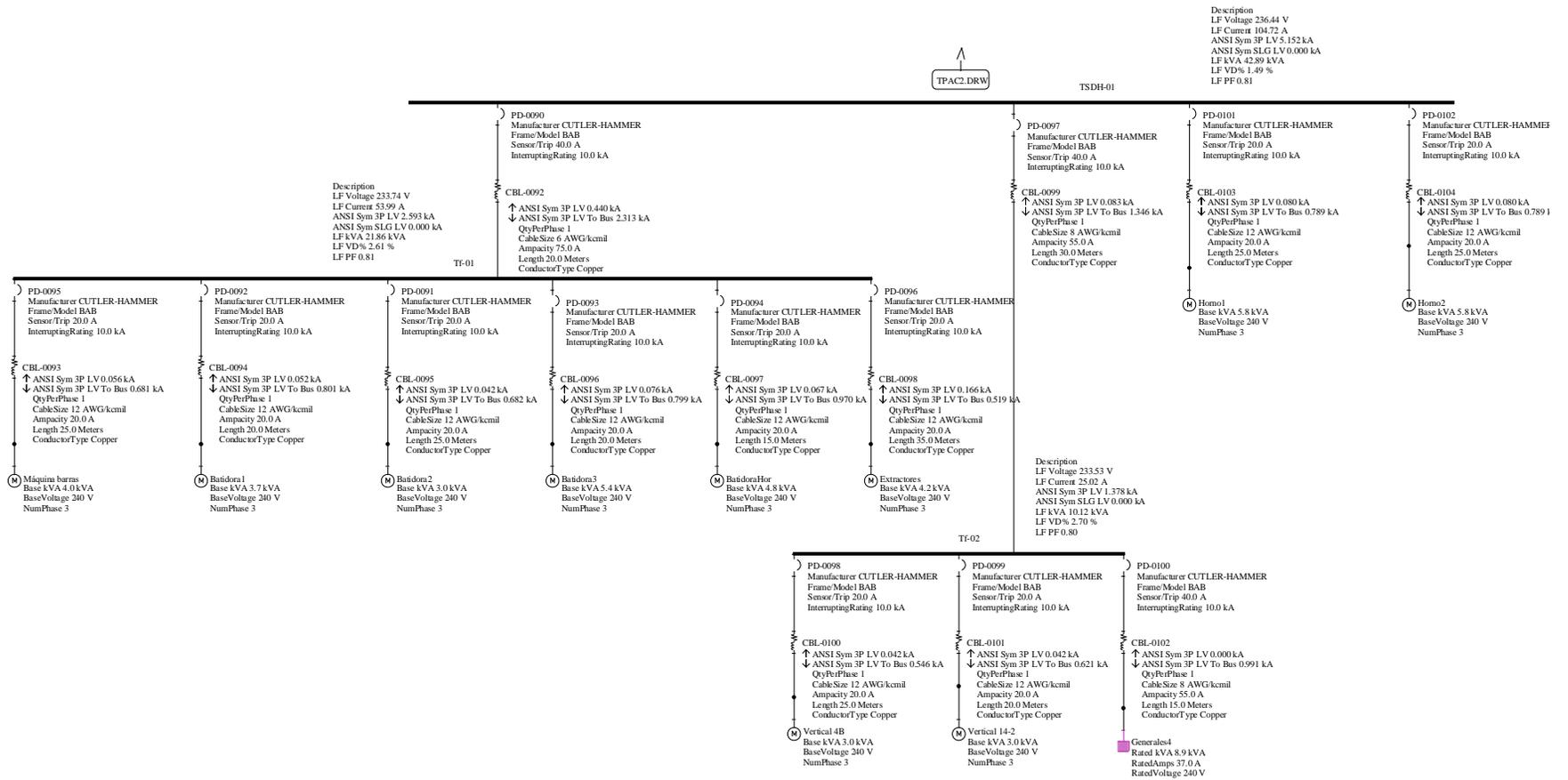


Figura 7.15 Diagrama unifilar TSDH-01  
Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

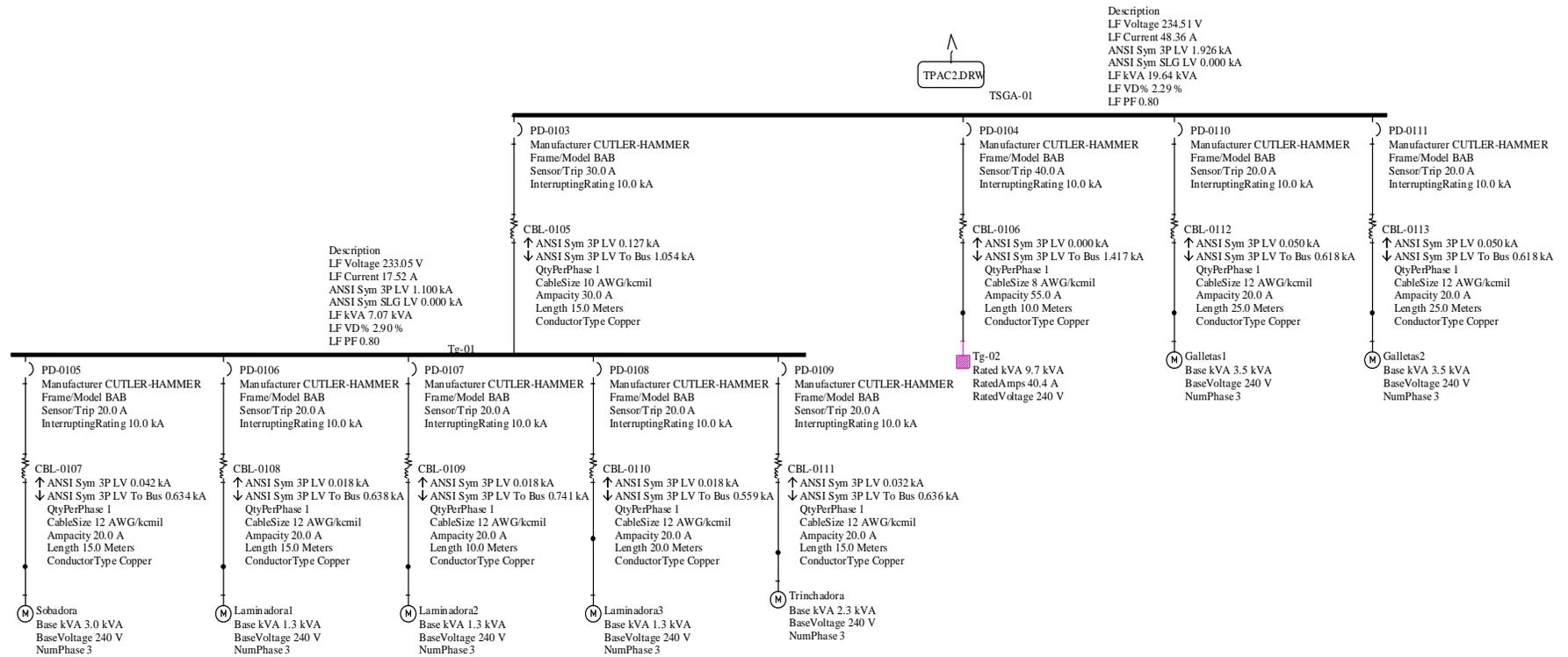


Figura 7.16 Diagrama unifilar TSGA-01

Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

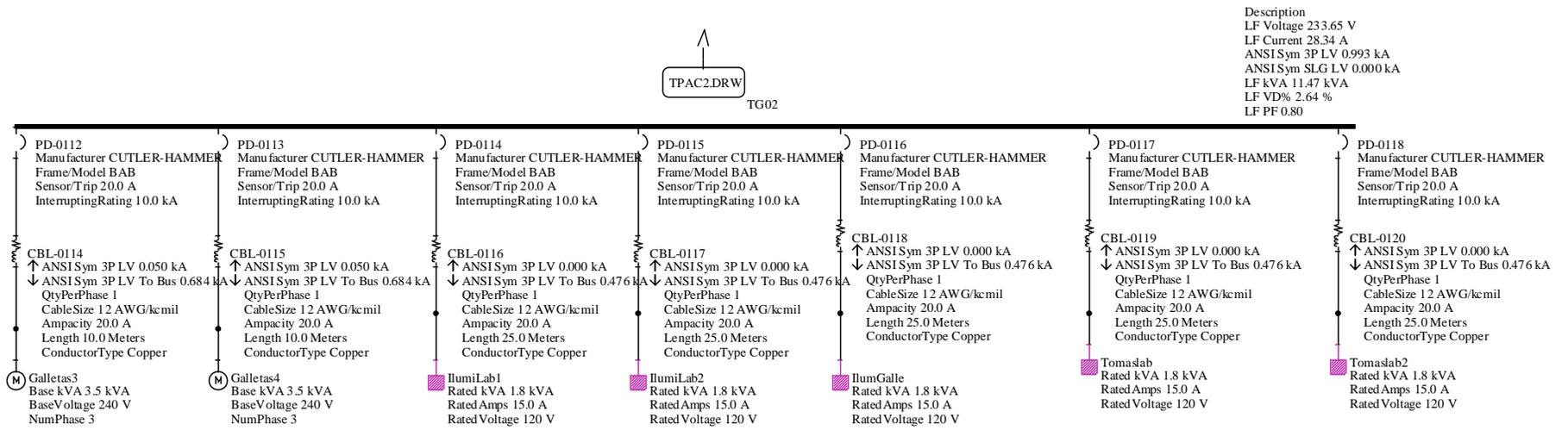


Figura 7.17 Diagrama unifilar TG02

Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

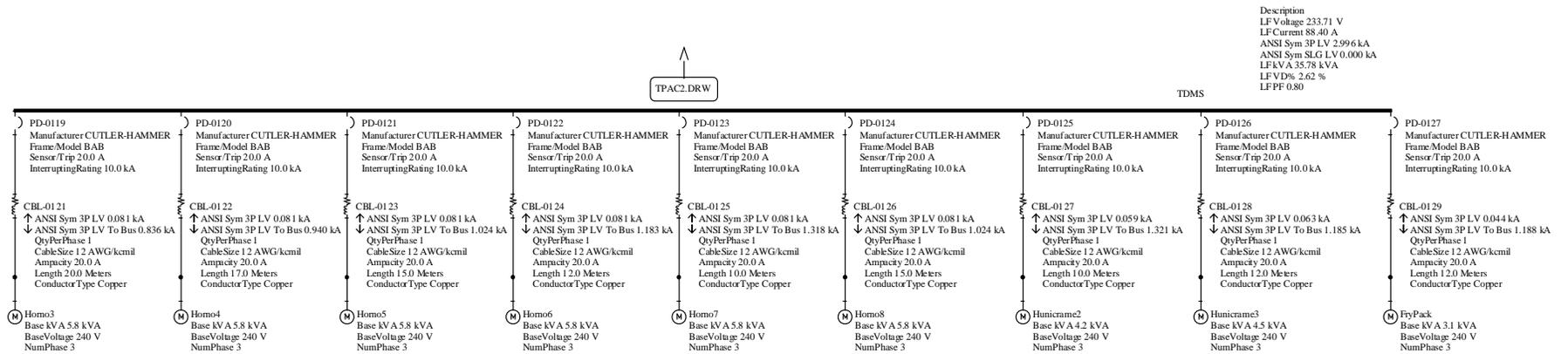


Figura 7.18 Diagrama unifilar TDMS  
 Fuente: Elaboración propia en SKM Power Tools

### 7.3. Anexo 3.

En estos anexos se mostrarán los gráficos de demandas versus tiempo, de acuerdo a los perfiles de carga suministrados por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz



Figura 7.19 Gráfica kW vr intervalo en un día acometida 1

Fuente: Elaboración propia en Excel

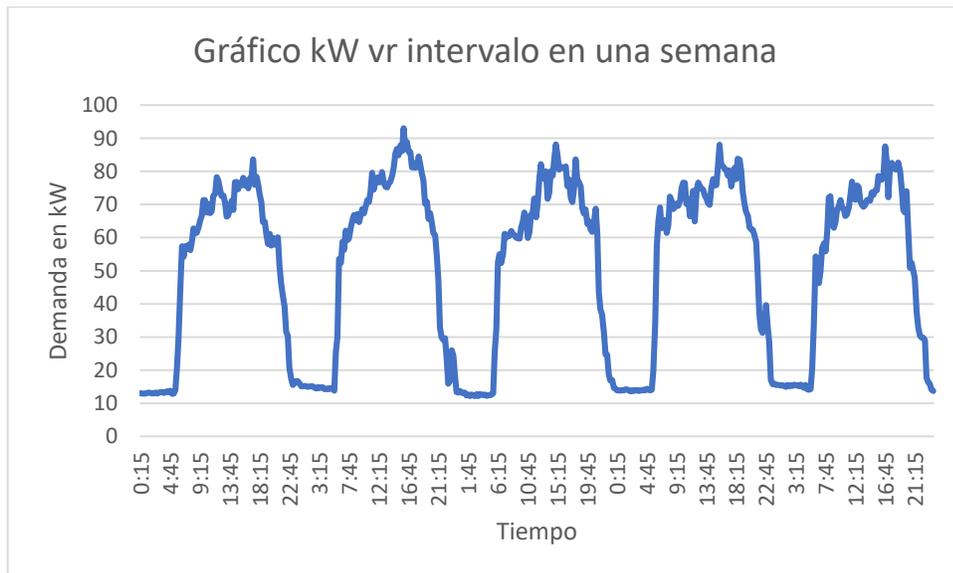


Figura 7.20 Gráfica kW vr intervalo en una semana acometida 1

Fuente: Elaboración propia en Excel.

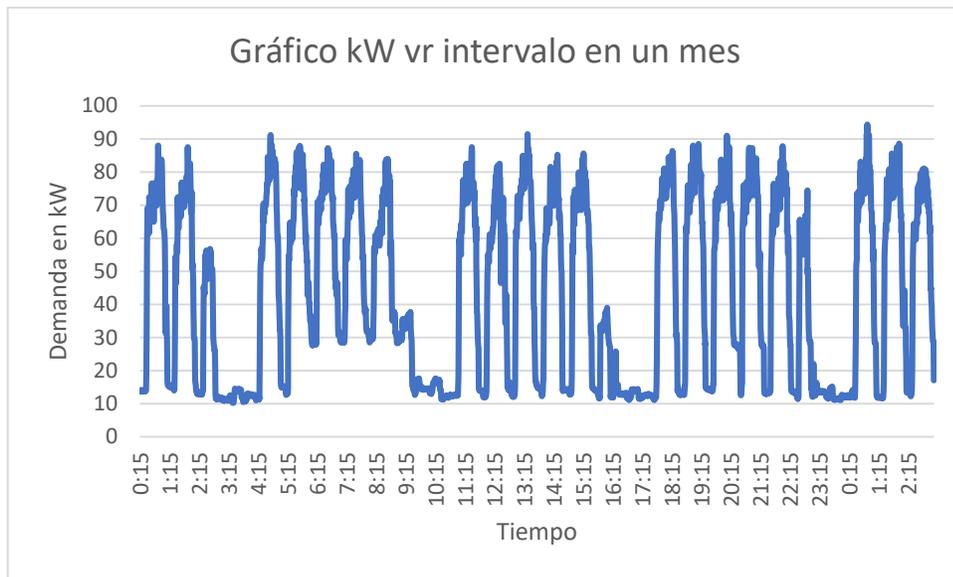


Figura 7.21 Gráfica kW vr intervalo en un mes acometida 1

Fuente: Elaboración propia en Excel



Figura 7.22 Gráfica kW vr intervalo en un día acometida 2

Fuente: Elaboración propia en Excel

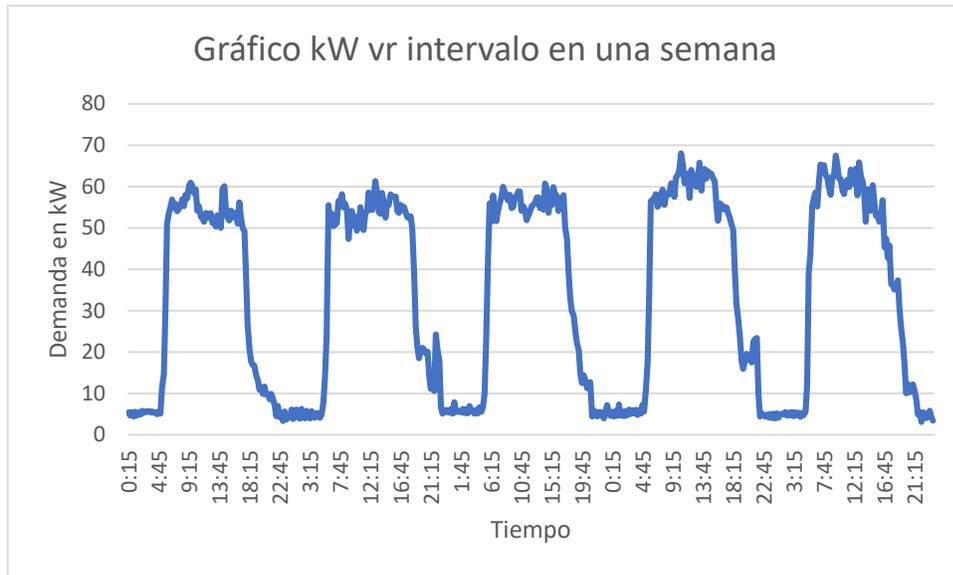


Figura 7.23. Gráfica kW vr intervalo en una semana acometida 2

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

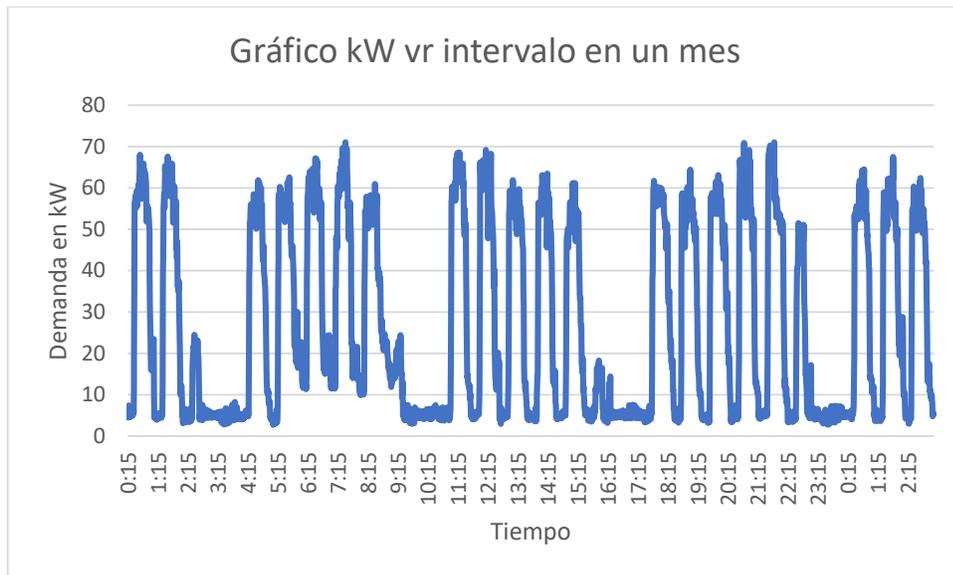


Figura 7.24. Gráfica kW vr intervalo en un mes acometida 2

*Fuente: Elaboración propia en Excel*

## Capítulo 8. Apéndices

### 8.1. Apéndice 1

En este primer apéndice se agregarán todas las tablas suministradas por el Código Eléctrico Nacional, que se utilizaron para el diagnóstico realizado, así también como para el rediseño propuesto.

Tabla 220.12 Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación

Tipo de ocupación	Carga unitaria	
	Volt-Ampere por metro cuadrado	Volt-Ampere por pie cuadrado
Cuarteles y auditorios	11	1
Bancos	39 <sup>1</sup>	3½ <sup>1</sup>
Barberías y salones de belleza	33	3
Iglesias	11	1
Clubes	22	2
Juzgados	22	2
Unidades de vivienda <sup>2</sup>	33	3
Garajes comerciales (almacenamiento)	6	½
Hospitales	22	2
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos <sup>2</sup>	22	2
Edificios industriales y comerciales (áticos)	22	2
Casas de huéspedes	17	1½
Edificios de oficinas	39 <sup>1</sup>	3½ <sup>1</sup>
Restaurantes	22	2
Escuelas	33	3
Tiendas	33	3
Depósitos (almacenamiento)	3	¼
En cualquiera de las ocupaciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares		
Lugares de reunión y auditorios	11	1
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	6	½
Espacios de almacenamiento	3	¼

<sup>2</sup> Véase la sección 220.14(J)

<sup>1</sup> Véase la sección 220.14(K)

Figura 8.1 Tabla de cargas de alumbrado general por tipo de ocupación

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 220.42 Factores de demanda de cargas de alumbrado**

<b>Tipo de ocupación</b>	<b>Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (Volt-amperes)</b>	<b>Factor de demanda (%)</b>
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120.000	35
	A partir de 120.000	25
Hospitales *	Primeros 50.000 o menos	40
	A partir de 50.000	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20.000 o menos	50
	De 20.001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Depósitos (almacenamiento)	Primeros 12.500 o menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	Volt-amperes totales	100

\*Los factores de demanda de esta Tabla no se deben aplicar a la carga calculada de los alimentadores o acometidas que dan suministro a áreas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar toda la iluminación al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

Figura 8.2 Tabla de factores de demanda de cargas de alumbrado

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 220.44 Factores de demanda para cargas de receptáculos en unidades diferentes de las de vivienda**

<b>Parte de la carga del receptáculo a la que se aplica el factor de demanda (volt-amperes)</b>	<b>Factor de demanda %</b>
Primeros 10 kVA o menos	100
A partir de 10 kVA	50

Figura 8.3 Tabla de factores de demandas

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna**

<b>Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida, o área equivalente para conductores en paralelo<sup>a</sup> (AWG/kcmil)</b>		<b>Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)</b>	
<b>Cobre</b>	<b>Aluminio o aluminio recubierto de cobre</b>	<b>Cobre</b>	<b>Aluminio o aluminio recubierto de cobre<sup>b</sup></b>
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1 100	Más de 900 hasta 1 750	2/0	4/0
Más de 1100	Más de 1 750	3/0	250

Figura 8.4 Tabla de conductor de puesta a tierra

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 250.122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.**

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conduit, etc., sin exceder de (Amperes)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Nota: Cuando sea necesario cumplir con la sección 250.4(A)(5) o (B)(4), el conductor de puesta a tierra del equipo debe ser dimensionado con un calibre mayor que el dado en esta Tabla.

\*Véanse las restricciones de instalación en la sección 250.120.

Figura 8.5 Tabla calibre mínimo de conductores de puesta a tierra

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 310.15(B)(2)(a). Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable**

<b>Número de conductores portadores de corriente</b>	<b>Porcentaje de los valores en las Tablas 310.16 a 310.19, ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.</b>
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y en adelante	35

Figura 8.6 Tabla factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización

*Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).*

Tabla 310.16 Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F).

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500

Continúa

Figura 8.7 Tabla de ampacidades en conductores

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**FACTORES DE CORRECCIÓN**

Temp. ambiente (° C)	Para temperaturas ambiente distintas de 30° C (86° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:						Temp. ambiente (° F)
21–25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70–77
26–30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78–86
31–35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87–95
36–40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96–104
41–45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105–113
46–50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114–122
51–55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123–131
56–60	—	0.58	0.71	—	0.58	0.71	132–140
61–70	—	0.33	0.58	—	0.33	0.58	141–158
71–80	—	—	0.41	—	—	0.41	159–176

\*Véase la sección 240.4(D)

Figura 8.8 Tabla de factores de corrección por temperatura

*Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).*

Tabla 310.17 Ampacidades permisibles de conductores individuales aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts al aire libre, basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F).

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	—	—	18	—	—	—	—
16	—	—	24	—	—	—	—
14*	25	30	35	—	—	—	—
12*	30	35	40	25	30	35	12*
10*	40	50	55	35	40	40	10*
8	60	70	80	45	55	60	8
6	80	95	105	60	75	80	6
4	105	125	140	80	100	110	4
3	120	145	165	95	115	130	3
2	140	170	190	110	135	150	2
1	165	195	220	130	155	175	1
1/0	195	230	260	150	180	205	1/0
2/0	225	265	300	175	210	235	2/0
3/0	260	310	350	200	240	275	3/0
4/0	300	360	405	235	280	315	4/0
250	340	405	455	265	315	355	250
300	375	445	505	290	350	395	300
350	420	505	570	330	395	445	350
400	455	545	615	355	425	480	400
500	515	620	700	405	485	545	500
600	575	690	780	455	540	615	600
700	630	755	855	500	595	675	700
750	655	785	885	515	620	700	750
800	680	815	920	535	645	725	800
900	730	870	985	580	700	785	900
1000	780	935	1055	625	750	845	1000
1250	890	1065	1200	710	855	960	1250
1500	980	1175	1325	795	950	1075	1500
1750	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
2000	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000

Figura 8.9 Tabla de ampacidades de conductores

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**FACTORES DE CORRECCIÓN**

Temp. ambiente (° C)	Para temperaturas ambiente distintas de 30° C (86° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:						Temp. ambiente (° F)
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95

*Continúa*

Figura 8.10 Tabla con factores de corrección por temperatura

*Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).*

**FACTORES DE CORRECCIÓN**

Temp. ambiente (° C)	Para temperaturas ambiente distintas de 30° C (86° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:						Temp. ambiente (° F)
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131
56-60	—	0.58	0.71	—	0.58	0.71	132-140
61-70	—	0.33	0.58	—	0.33	0.58	141-158
71-80	—	—	0.41	—	—	0.41	159-176

\*Véase la sección 240.4(D)

Figura 8.11 Tabla con factores de corrección por temperatura

*Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).*

Tabla 310.18 Ampacidades permisibles de conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts, de 150° C hasta 250° C (302° F a 482° F). No más de tres conductores portadores de corriente en canalizaciones o cables y basadas en una temperatura ambiente del aire de 40° C (104° F)

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]				Calibre AWG o kcmil
	150° C (302° F)	200° C (392° F)	250° C (482° F)	150° C (302° F)	
	Tipo Z	Tipos FEP, FEPB, PFA, SA	Tipos PFAH, TFE	Tipo Z	
	COBRE		NÍQUEL O COBRE RECUBIERTO DE NÍQUEL	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
14	34	36	39	—	14
12	43	45	54	30	12
10	55	60	73	44	10
8	76	83	93	57	8
6	96	110	117	75	6
4	120	125	148	94	4
3	143	152	166	109	3
2	160	171	191	124	2
1	186	197	215	145	1
1/0	215	229	244	169	1/0
2/0	251	260	273	198	2/0
3/0	288	297	308	227	3/0
4/0	332	346	361	260	4/0

Figura 8.12 Tabla con ampacidades en conductores

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

#### FACTORES DE CORRECCIÓN

Temp. ambiente (° C)	Para temperaturas ambientes distintas de 40° C (104° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:				Temp. ambiente (° F)
41–50	0.95	0.97	0.98	0.95	105–122
51–60	0.90	0.94	0.95	0.90	123–140

Continúa

Figura 8.13 Tabla con factores de corrección por temperatura

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**FACTORES DE CORRECCIÓN**

Temp. ambiente (° C)	Para temperaturas ambientes distintas de 40° C (104° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:				Temp. ambiente (° F)
	0.85	0.90	0.93	0.85	
61-70	0.85	0.90	0.93	0.85	141-158
71-80	0.80	0.87	0.90	0.80	159-176
81-90	0.74	0.83	0.87	0.74	177-194
91-100	0.67	0.79	0.85	0.67	195-212
101-120	0.52	0.71	0.79	0.52	213-248
121-140	0.30	0.61	0.72	0.30	249-284
141-160	—	0.50	0.65	—	285-320
161-180	—	0.35	0.58	—	321-356
181-200	—	—	0.49	—	357-392
201-225	—	—	0.35	—	393-437

Figura 8.14 Tabla con factores de corrección por temperatura

*Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).*

**Tabla 310.19 Ampacidades permisibles de conductores aislados individuales para tensiones nominales de 0 a 2000 volts, de 150° C hasta 250° C (302° F a 482° F), al aire libre con base en una temperatura ambiente del aire de 40° C (104° F)**

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]				Calibre AWG o kcmil
	150° C (302° F)	200° C (392° F)	250° C (482° F)	150° C (302° F)	
	Tipo Z	Tipos FEP, FEPB, PFA, SA	Tipos PFAH, TFE	Tipo Z	
	COBRE		NÍQUEL O COBRE RECUBIERTO DE NÍQUEL	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
14	46	54	59	—	14
12	60	68	78	47	12
10	80	90	107	63	10
8	106	124	142	83	8
6	155	165	205	112	6
4	190	220	278	148	4
3	214	252	327	170	3
2	255	293	381	198	2
1	293	344	440	228	1
1/0	339	399	532	263	1/0
2/0	390	467	591	305	2/0
3/0	451	546	708	351	3/0
4/0	529	629	830	411	4/0

*Continúa*

Figura 8.15 Tabla con ampacidades de conductores

*Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).*

**FACTORES DE CORRECCIÓN**

Temp. ambiente (° C)	Para temperaturas ambientes distintas de 40° C (104° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indica a continuación:				Temp. ambiente (° F)
	0.95	0.97	0.98	0.95	
41-50	0.95	0.97	0.98	0.95	105-122
51-60	0.90	0.94	0.95	0.90	123-140
61-70	0.85	0.90	0.93	0.85	141-158
71-80	0.80	0.87	0.90	0.80	159-176
81-90	0.74	0.83	0.87	0.74	177-194
91-100	0.67	0.79	0.85	0.67	195-212
101-120	0.52	0.71	0.79	0.52	213-248
121-140	0.30	0.61	0.72	0.30	249-284
141-160	—	0.50	0.65	—	285-320
161-180	—	0.35	0.58	—	321-356
181-200	—	—	0.49	—	357-392
201-225	—	—	0.35	—	393-437

Figura 8.16 Tabla con factores de corrección por temperatura

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 310.20 Ampacidades de no más de tres conductores individuales aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts, sostenidos por un mensajero, con base en una temperatura ambiente del aire de 40° C (104° F)**

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]				Calibre AWG o kcmil
	75° C (167° F)	90° C (194° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, ZW	Tipos MI, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos RHW, THW, THWN, THHW, XHHW	Tipos THHN, THHW, RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2, THW-2, THWN-2, USE-2, ZW-2	
	COBRE		ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
8	57	66	44	51	8
6	76	89	59	69	6
4	101	117	78	91	4
3	118	138	92	107	3
2	135	158	106	123	2
1	158	185	123	144	1
1/0	183	214	143	167	1/0
2/0	212	247	165	193	2/0
3/0	245	287	192	224	3/0
4/0	287	335	224	262	4/0

Continúa

Figura 8.17 Tabla con ampacidades en conductores

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**FACTORES DE CORRECCIÓN**

Temp. ambiente (° C)	Para temperaturas ambientes distintas de 40° C (104° F), multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indica a continuación:				Temp. ambiente ( ° F)
21-25	1.20	1.14	1.20	1.14	70-77
26-30	1.13	1.10	1.13	1.10	79-86
31-35	1.07	1.05	1.07	1.05	88-95
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00	97-104
41-45	0.93	0.95	0.93	0.95	106-113
46-50	0.85	0.89	0.85	0.89	115-122
51-55	0.76	0.84	0.76	0.84	124-131
56-60	0.65	0.77	0.65	0.77	133-140
61-70	0.38	0.63	0.38	0.63	142-158
71-80	—	0.45	—	0.45	160-176

Figura 8.18 Factores de corrección por temperatura

*Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).*

Tabla 310.21 Ampacidades de conductores desnudos o recubiertos, al aire libre, con base en una temperatura ambiente de 40° C (104° F), 80° C (176° F) de temperatura total del conductor, y una velocidad del viento de 610 mm/seg (2 pies/segundo)

Conductores de cobre				Conductores de aluminio AAC			
Desnudos		Recubiertos		Desnudos		Recubiertos	
AWG o kcmil	Amperios	AWG o kcmil	Amperios	AWG o kcmil	Amperios	AWG o kcmil	Amperios
8	98	8	103	8	76	8	80
6	124	6	130	6	96	6	101
4	155	4	163	4	121	4	127
2	209	2	219	2	163	2	171
1/0	282	1/0	297	1/0	220	1/0	231
2/0	329	2/0	344	2/0	255	2/0	268
3/0	382	3/0	401	3/0	297	3/0	312
4/0	444	4/0	466	4/0	346	4/0	364
250	494	250	519	266.8	403	266.8	423
300	556	300	584	336.4	464	336.4	492
500	773	500	812	397.5	522	397.5	548
750	1000	750	1050	477.0	588	477.0	617
1000	1193	1000	1253	556.5	650	556.5	682
—	—	—	—	636.0	709	636.0	744
—	—	—	—	795.0	819	795.0	860
—	—	—	—	954.0	920	—	—
—	—	—	—	1033.5	968	1033.5	1017
—	—	—	—	1271	1103	1272	1201
—	—	—	—	1590	1267	1590	1381
—	—	—	—	2000	1454	2000	1527

Figura 8.19 Tabla con ampacidades de conductores

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**PÉRDIDA O CAIDA DE TENSION  
APROXIMADO (conductores de  
cobre)**

Calibre del conductor	Caida de tensión por amperio por 30.48 m de longitud de conductor con fp=80%.	
	Monofásico	Trifásico
AWG O MCM		
14	0,4762	0,4167
12	0,3125	0,2632
10	0,1961	0,1677
8	0,1250	0,1087
6	0,0833	0,0714
4	0,0528	0,0463
3	0,0431	0,0379
2	0,0370	0,0323
1	0,0323	0,0278
0	0,0269	0,0231
00	0,0222	0,0196
000	0,0190	0,0163
0000	0,0161	0,0139
250	0,0147	0,0128
300	0,0131	0,0114
350	0,0121	0,0106
400	0,0115	0,0091
500	0,0101	0,0088
600	0,0940	0,0082
700	0,0890	0,0077
750	0,0860	0,0075
800	0,0850	0,0074
900	0,0810	0,0071
1000	0,0079	0,0069

Figura 8.20 Tabla pérdida por caída de tensión

Fuente: (NFA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

MAXIMO NUMERO DE CONDUCTORES EN LOS TAMAÑOS NORMALES DE FABRICACIÓN DE TUBERIAS Y CANALIZADAS (Basado en la Tabla 1, Capítulo 9 del NEC)																	
Tipos de aislamiento (Letras)	Calibre del conductor AWG, MCM	Tamaños normales de fabricación de tuberías (mm)															
		12.70	19.05	25.40	31.75	38.10	50.80	63.50	76.20	88.90	101.60	127.00	152.40				
TW, T RUM, RUW, XHHW (814 al 8)	14	9	15	25	44	60	99	142									
	12	7	12	19	35	67	78	111									
	10	5	9	15	26	36	60	85	131	176							
	8	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108						
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	14	6	10	16	29	40	65	93	143	192							
	12	4	8	13	24	32	53	76	117	157							
	10	4	6	11	19	26	43	61	95	127	163						
	8	1	3	5	10	13	22	32	49	66	85	133					
TW, T, RUM, (6 al 2), RUW (6 al 2), FEPB (6 al 2), RHW y RHH (sin cubierta exterior)	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	97	141				
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	73	106				
	3	1	1	2	4	6	10	15	23	31	40	63	91				
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	54	78				
	1	1	1	1	3	4	8	9	14	19	25	39	57				
	0	1	1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	49				
	00	1	1	1	2	5	7	10	14	18	24	35	51				
	000	1	1	1	3	4	6	9	12	15	24	35	51				
	0000	1	1	1	1	3	5	7	10	13	20	29	41				
	250			1	1	1	2	4	6	8	10	16	23				
	300			1	1	1	2	3	5	7	9	14	20				
	350			1	1	1	3	4	6	8	12	18					
	400				1	1	1	2	4	5	7	11	16				
	500				1	1	1	1	3	4	6	9	14				
	600					1	1	1	3	4	5	7	11				
	700					1	1	1	2	3	4	7	10				
750					1	1	1	2	3	4	6	9					
THWN, THMN, FEP(14 al 2), FEPB (14 al 8), PFA(14 al 40), PFAH (14 al 40), Z(14 al 40), XHHW (4 AL 500MCM)	14	13	24	39	69	94	154										
	12	10	18	29	51	70	114	164									
	10	6	11	18	32	44	73	104	160								
	8	3	5	9	16	22	36	51	79	106	136						
	8	1	4	6	11	15	26	37	57	76	98	154					
	4	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60	94	137				
	3	1	1	3	6	8	13	19	29	39	51	80	116				
	2	1	1	3	5	7	11	18	25	33	43	67	97				
	1	1	1	1	3	5	8	12	19	25	32	50	72				
	0		1	1	3	4	7	10	15	21	27	42	61				
	00		1	1	2	3	6	8	13	17	22	35	51				
	000		1	1	1	3	5	7	11	14	18	29	42				
	0000		1	1	1	2	4	6	9	12	15	24	35				
	250			1	1	1	3	4	7	10	12	20	28				
	300			1	1	1	3	4	6	8	11	17	24				
	350			1	1	1	2	3	5	8	9	15	21				
400				1	1	1	3	5	6	8	13	19					
500				1	1	1	2	4	5	7	11	16					
600				1	1	1	1	3	4	5	9	13					
700				1	1	1	1	3	4	5	8	11					
750				1	1	1	1	2	3	4	7	11					
XHHW	6	1	3	5	9	13	21	30	47	63	81	128	185				
	600				1	1	1	1	3	4	5	9	13				
	700				1	1	1	1	3	4	5	7	11				
	750				1	1	1	1	2	3	4	7	11				
	750				1	1	1	1	2	3	4	7	11				
RHW, RHH (sin cubierta exterior)	14	3	6	10	18	25	41	58	90	121	155						
	12	3	5	9	15	21	35	50	77	103	132						
	10	2	4	7	13	18	29	41	64	86	110						
	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60	94	137				
	6	1	1	2	5	6	11	15	24	32	41	64	93				
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31	50	72				
	3	1	1	1	3	4	7	10	16	22	28	44	63				
	2	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24	38	56				
	1	1	1	1	1	3	5	7	11	14	18	29	42				
	0		1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	37				
	00		1	1	1	3	5	8	11	14	22	32					
	000		1	1	1	1	3	4	7	9	12	19	28				
	0000		1	1	1	1	2	4	6	8	10	16	24				
	250				1	1	1	3	5	6	0	13	19				
	300				1	1	1	3	4	5	7	11	17				
	350				1	1	1	2	4	5	8	10	15				
400				1	1	1	1	3	4	6	9	14					

Figura 8.21 Tabla con máximo número de conductores en ductos

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 430.52 Valor nominal o ajuste máximos de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos ramales de motores**

Tipo de motor	En porcentaje de la corriente de plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo <sup>1</sup>	Fusible de elemento dual <sup>1</sup> (de acción retardada)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso <sup>2</sup>
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores polifásicos de c.a. distintos a los de rotor devanado	300	175	800	250
De jaula de ardilla: diferentes de los de diseño B energéticamente eficientes	300	175	800	250
De diseño B energéticamente eficientes	300	175	1100	250
Sincrónicos <sup>3</sup>	300	175	800	250
Con rotor devanado	150	150	800	150
De corriente continua (tensión constante)	150	150	250	150

Nota: Para algunas excepciones a los valores especificados, véanse la sección 430.54.

<sup>1</sup>Los valores de la columna fusible sin retardo de tiempo se aplican a fusibles de Clase CC de acción retardada.

<sup>2</sup>Los valores de la última columna también cubren los valores nominales de los interruptores automáticos de tiempo inverso no ajustables, que se pueden modificar como se describe en la sección 430.52(C)(1), excepción

Figura 8.22 Tabla con valor nominal de dispositivos de protección

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 430.247 Corriente de plena carga en amperes, para motores de corriente continua**

Los siguientes valores de corriente de plena carga\* son para motores que funcionan a su velocidad básica.

Valor nominal en caballos de fuerza	Valor nominal de tensión en la armadura*					
	90 volts	120 volts	180 volts	240 volts	500 volts	550 volts
¼	4.0	3.1	2.0	1.6	—	—
⅓	5.2	4.1	2.6	2.0	—	—
½	6.8	5.4	3.4	2.7	—	—
¾	9.6	7.6	4.8	3.8	—	—
1	12.2	9.5	6.1	4.7	—	—
1 ½	—	13.2	8.3	6.6	—	—
2	—	17	10.8	8.5	—	—
3	—	25	16	12.2	—	—
5	—	40	27	20	—	—
7 ½	—	58	—	29	13.6	12.2
10	—	76	—	38	18	16
15	—	—	—	55	27	24
20	—	—	—	72	34	31
25	—	—	—	89	43	38
30	—	—	—	106	51	46
40	—	—	—	140	67	61
50	—	—	—	173	83	75
60	—	—	—	206	99	90
75	—	—	—	255	123	111
100	—	—	—	341	164	148
125	—	—	—	425	205	185
150	—	—	—	506	346	222
200	—	—	—	675	330	294

\*Estos valores son promedios para corriente continua.

Figura 8.23 Tabla con corrientes a plena carga para motores

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 430.248 Corrientes de plena carga en amperes para motores monofásicos de corriente alterca**

Los siguientes valores de corriente de plena carga corresponden a motores que funcionan a la velocidad usual y motores con características normales de par. Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts y de 220 a 240 volts.

Caballos de fuerza	115 volts	200 volts	208 volts	230 volts
$\frac{1}{6}$	4.4	2.5	2.4	2.2
$\frac{1}{4}$	5.8	3.3	3.2	2.9
$\frac{1}{3}$	7.2	4.1	4.0	3.6
$\frac{1}{2}$	9.8	5.6	5.4	4.9
$\frac{3}{4}$	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8.0
$1\frac{1}{2}$	20	11.5	11.0	10
2	24	13.8	13.2	12
3	34	19.6	18.7	17
5	56	32.2	30.8	28
$7\frac{1}{2}$	80	46.0	44.0	40
10	100	57.5	55.0	50

Figura 8.24 Tabla de corriente a plena carga para motores monofásicos

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 430.249 Corriente de plena carga en amperes para motores de dos fases de corriente alterna (tetrafilar)**

Los siguientes valores de corriente de plena carga corresponden a motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y a motores con características normales de par. La corriente en el conductor común de un sistema de dos fases trifilar será de 1.41 veces el valor dado. Las tensiones relacionadas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

Caballos de fuerza	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado (amperes)				
	115 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts
½	4.0	2.0	1.0	0.8	—
¾	4.8	2.4	1.2	1.0	—
1	6.4	3.2	1.6	1.3	—
1 ½	9.0	4.5	2.3	1.8	—
2	11.8	5.9	3.0	2.4	—
3	—	8.3	4.2	3.3	—
5	—	13.2	6.6	5.3	—
7 ½	—	19	9.0	8.0	—
10	—	24	12	10	—
15	—	36	18	14	—
20	—	47	23	19	—
25	—	59	29	24	—
30	—	69	35	28	—
40	—	90	45	36	—
50	—	113	56	45	—
60	—	133	67	53	14
75	—	166	83	66	18
100	—	218	109	87	23
125	—	270	135	108	28
150	—	312	156	125	32
200	—	416	208	167	43

Figura 8.25 Tabla con corrientes a plena carga para motores de dos fases  
Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 430.250 Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna**

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par.

Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

Caballos de fuerza	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperes)			
	115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2 300 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2 300 volts
½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1½	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	—	—	—	—	—
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
3	—	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
7½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
10	—	32.3	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

\*Para factores de potencia de 90 por ciento y 80 por ciento, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1.1 y 1.25.

Figura 8.26 Tabla con corrientes a plena carga de motores trifásicos

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 1. Porcentaje de la sección transversal en conduit y en tubería para los conductores.**

Número de conductores	Todos los tipos de conductores
1	53
2	31
Más de 2	40

Figura 8.27 Tabla con porcentaje de la sección transversal en conduit

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

**Tabla 4. Dimensiones y área porcentual de conduit y tubería**  
 (Áreas de conduit o tubería para las combinaciones de alambres permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9)

Artículo 358 – Tubería eléctrica metálica (EMT)													
Designador métrico	Tamaño comercial	Diámetro interno nominal		Área total 100%		60%		1 alambre 53%		2 alambres 31%		Más de 2 alambres 40%	
		mm	pulgada	mm <sup>2</sup>	pulgada <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulgada <sup>2</sup>						
16	½	15.8	0.622	196	0.304	118	0.182	104	0.161	61	0.094	78	0.122
21	¾	20.9	0.824	343	0.533	206	0.320	182	0.283	106	0.165	137	0.213
27	1	26.6	1.049	556	0.864	333	0.519	295	0.458	172	0.268	222	0.346
35	1 ¼	35.1	1.380	968	1.496	581	0.897	513	0.793	300	0.464	387	0.598
41	1 ½	40.9	1.610	1314	2.036	788	1.221	696	1.079	407	0.631	526	0.814
53	2	52.5	2.067	2165	3.356	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	866	1.342
63	2 ½	69.4	2.731	3783	5.858	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	1513	2.343
78	3	85.2	3.356	5701	8.846	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	2280	3.538
91	3 ½	97.4	3.834	7451	11.545	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	2980	4.618
103	4	110.1	4.334	9521	14.753	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	3808	5.901

Figura 8.28 Tabla con dimensiones y área porcentual de conduit

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

Tabla 5. Continúa

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Diámetro aproximado		Área aproximada	
		mm	pulgada	mm <sup>2</sup>	pulgada <sup>2</sup>
TW, THHW, THW, THW-2	12	3.861	0.152	11.68	0.0181
	10	4.470	0.176	15.68	0.0243
	8	5.994	0.236	28.19	0.0437
RHH*, RHW*, RHW-2*	14	4.140	0.163	13.48	0.0209
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	12	4.623	0.182	16.77	0.0260
<b>Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF</b>					
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	10	5.232	0.206	21.48	0.0333
RHH*, RHW* RHW-2*	8	6.756	0.266	35.87	0.0556
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	7.722	0.304	46.84	0.0726
	4	8.941	0.352	62.77	0.0973
	3	9.652	0.380	73.16	0.1134
	2	10.46	0.412	86.00	0.1333
	1	12.50	0.492	122.6	0.1901
	1/0	13.51	0.532	143.4	0.2223
	2/0	14.68	0.578	169.3	0.2624
	3/0	16.00	0.630	201.1	0.3117
	4/0	17.48	0.688	239.9	0.3718
	250	19.43	0.765	296.5	0.4596
	300	20.83	0.820	340.7	0.5281
	350	22.12	0.871	384.4	0.5958
	400	23.32	0.918	427.0	0.6619
	500	25.48	1.003	509.7	0.7901
	600	28.27	1.113	627.7	0.9729
	700	30.07	1.184	710.3	1.1010
	750	30.94	1.218	751.7	1.1652
	800	31.75	1.250	791.7	1.2272
	900	33.38	1.314	874.9	1.3561
	1000	34.85	1.372	953.8	1.4784
1250	39.09	1.539	1200	1.8602	
1500	42.21	1.662	1400	2.1695	
1750	45.11	1.776	1598	2.4773	
2000	47.80	1.882	1795	2.7818	
TFN, TFFN	18	2.134	0.084	3.548	0.0055
	16	2.438	0.096	4.645	0.0072

Figura 8.29 Tabla con dimensiones y área porcentual de Conduit

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

Tabla 9. Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 ° C (167° F). Tres conductores individuales en un conduit.

Calibre (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro Ohms al neutro por 1000 pies															Calibre (AWG o kcmil)
	$X_L$ (Reactancia) para todos los alambres:		Resistencia en corriente alterna para alambres de cobre sin recubrir			Resistencia en corriente alterna para alambres de aluminio			Z eficaz a $FP = 0.85$ para alambres de cobre sin recubrir			Z eficaz a $FP = 0.85$ para alambres de aluminio				
	Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de acero		
14	0.190 0.058	0.240 0.073	10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	— —	— —	— —	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	— —	— —	— —	14	
12	0.177 0.054	0.223 0.068	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12	
10	0.164 0.050	0.207 0.063	3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10	
8	0.171 0.052	0.213 0.065	2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.30 0.70	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8	
6	0.167 0.051	0.210 0.064	1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	6	
4	0.157 0.048	0.197 0.060	1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4	
3	0.154 0.047	0.194 0.059	0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3	
2	0.148 0.045	0.187 0.057	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2	
1	0.151 0.046	0.187 0.057	0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	1	
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055	0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0	
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0	
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052	0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	3/0	
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051	0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0	
250	0.135 0.041	0.171 0.052	0.171 0.052	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	250	
300	0.135 0.041	0.167 0.051	0.144 0.044	0.161 0.049	0.148 0.045	0.233 0.071	0.249 0.076	0.236 0.072	0.194 0.059	0.207 0.063	0.213 0.065	0.269 0.082	0.282 0.086	0.289 0.088	300	
350	0.131 0.040	0.164 0.050	0.125 0.038	0.141 0.043	0.128 0.039	0.200 0.061	0.217 0.066	0.207 0.063	0.174 0.053	0.190 0.058	0.197 0.060	0.240 0.073	0.253 0.077	0.262 0.080	350	
400	0.131 0.040	0.161 0.049	0.108 0.033	0.125 0.038	0.115 0.035	0.177 0.054	0.194 0.059	0.180 0.055	0.161 0.049	0.174 0.053	0.184 0.056	0.217 0.066	0.233 0.071	0.240 0.073	400	

Figura 8.30 Tabla con resistencia en corriente alterna de cables

Fuente: (NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2008).

## 8.2. Apéndice 2

En estos apéndices se presentarán las cotizaciones que se solicitaron a las distintas empresas y ferreterías.



Señor: KEVIN QUESADA PORRAS  
0115260725

e-mail: [kevinquesada1993@hotmail.com](mailto:kevinquesada1993@hotmail.com)

Teléfono: CC

2 Tienda: CURRIDABAT CONTIGUO AL INDOOR CLUB

Código	Descripción	U/V	Cantidad	PVP	Total Artículo
16-54-026	PLATA TOMA DOBLE BLANCO	PZA	315	1.323,01	470.925,41
16-66-240	TOMA ARMADO GFCI BLANCO LINEA	PZA	37	10.176,99	425.499,95
16-69-059	TOMA COCINA 50A 125-250V 3P-3W	PZA	45	1.991,15	101.249,98
16-69-002	TOMA LOCK 20A 250V L620R NEMA	PZA	45	11.940,90	607.499,87
28-25-000	CAJA THHN ECOPLUS #12 ROJO	PZA	206	22.904,60	5.345.699,59
28-25-006	CAJA THHN ECOPLUS #10 BLANCO	PZA	20	45.575,22	1.029.999,97
28-24-216	CABLE THHN ECOPLUS #8 ROJO	MTR	1300	724,78	1.064.701,82
28-25-015	CAJA THHN ECOPLUS #6 ROJO	PZA	7	101.725,60	804.649,97
28-24-226	CABLE THHN ECOPLUS #4 ROJO	MTR	600	1.765,49	1.197.002,22
28-24-231	CABLE THHN ECOPLUS #2 ROJO	MTR	600	2.650,44	1.796.998,32
28-24-236	CABLE THHN ECOPLUS #1/0	MTR	670	4.862,83	3.681.648,59
28-24-237	CABLE THHN ECOPLUS #2/0	MTR	80	6.632,74	599.599,70
28-24-124	CABLE THHN #4/0	MTR	200	8.451,33	1.910.000,58
28-33-005	TUBO EMT 1/2" UL 1.07MM	PZA	240	1.371,68	371.999,62
28-33-240	TUBO EMT 3/4" UL 1.24MM	PZA	320	2.473,45	894.399,52
28-33-003	TUBO EMT 1" UL 1.45MM	PZA	140	3.712,39	587.300,10
28-33-004	TUBO EMT 1-1/2" UL 1.65MM	PZA	100	6.721,24	759.500,12
16-54-000	PLATA INTERRUPTOR SENCILLO COL	PZA	82	843,13	78.309,75
16-54-002	PLATA INTERRUPTOR DOBLE COLOR	PZA	32	1.411,50	51.039,84
16-54-003	PLATA INTERRUPTOR TRIPLE COLOR	PZA	19	2.079,65	44.650,09
28-35-013	CAJA EMT OCTOGONAL UL 1/2" - 3	PZA	1450	583,19	955.556,82
28-35-011	CAJA EMT RECTANGULAR UL 1/2" -	PZA	410	459,29	212.789,06
28-35-046	TAPA EMT P CAJA OCTAGONAL 5 HU	PZA	1450	131,86	216.052,61
28-36-030	-CONECTOR M UL 540/TIPO A 12MM	PZA	860	326,55	317.341,29
28-36-007	-UNION CONDUIT UL TIPO A 1/2"	PZA	1200	146,02	198.003,12
28-36-008	-UNION CONDUIT UL TIPO A 3/4"	PZA	200	220,35	49.799,10
28-36-013	-CURVA CONDUIT UL TIPO A 90° X	PZA	600	615,04	416.997,12
28-36-025	-CURVA CONDUIT UL TIPO A 90° X	PZA	200	751,33	169.800,58
28-06-002	BREAKER 1X20 CH ENCHUFAR	PZA	80	4.862,83	439.599,83
28-06-005	BREAKER 2X20 CH ENCHUFAR	PZA	25	10.707,08	302.475,01
28-06-017	BREAKER 1X30 CH ENCHUFAR	PZA	5	6.278,76	35.474,99
28-06-019	BREAKER 2X30 CH ENCHUFAR	PZA	10	12.831,80	145.000,02
28-06-006	BREAKER 2X40 CH ENCHUFAR	PZA	5	12.831,80	72.500,01
28-06-007	BREAKER 2X50 CH ENCHUFAR	PZA	5	15.243,36	86.124,98
28-06-008	BREAKER 2X60 CH ENCHUFAR	PZA	5	16.371,68	92.499,99
28-06-014	BREAKER 2X80 CH ENCHUFAR	PZA	2	34.409,03	77.900,01
28-06-009	BREAKER 2X100 CH ENCHUFAR	PZA	4	35.353,98	159.799,99
28-39-053	CC CH MONOFASICO 8P 125A F 1F	PZA	5	41.150,44	232.499,99
28-39-055	CC CH MONOFASICO 12P 125A F 1F	PZA	10	60.132,74	679.499,96
28-39-029	CC CH MONOFASICO 24P 125A F 1F	PZA	2	82.743,36	186.999,99
Observaciones:					
El transporte tiene un costo adicional, varía dependiendo del peso y la distancia Cotización válida solo en la Ciudad donde se emitió. Enviar pago a nombre de Ferreteria EPA S.A. Presupuesto válido solo por 1 día "VV" Precio Venta por volumen "M" Precio venta por mayor "OP" Precio oportunidad					
				Sub-total	23.778.220,76
Emmanuel Morera Elaborado por:				Imp. De venta	3.091.168,70
				Sub-total pág. 1 / 2	26.869.389,46

Figura 8.31 Cotización material EPA

Fuente: Suministrada por EPA

Tienda: CURRIDABAT CONTIGUO AL INDOOR CLUB

Código	Descripción	U/V	Cantidad	PVP	Total Artículo
28-33-085	VARILLA COBRE 3 METROS USA 3/8"	PZA	6	13.716,81	92.999,97
28-33-239	GAZA P/VARILLA TIERRA UL 5/8"	PZA	6	969,03	6.570,02
Observaciones:					
<p><b>El transporte tiene un costo adicional, varía dependiendo del peso y la distancia</b>            Cotización válida solo en la Ciudad donde se emitió.            Enviar pago a nombre de Ferreteria EPA S.A.            Presupuesto válido solo por 1 día            "VV" Precio Venta por volumen            "M" Precio venta por mayor            "OP" Precio oportunidad</p>					
<p>Emmanuel Morera            Elaborado por:</p>				Sub-total	88.115,0
				Imp. De venta	11.455,0
				<b>Total</b>	<b>26.968.959,3</b>

Figura 8.32 Cotización material EPA

Fuente: Suministrada por EPA



**Construplaza.com**  
Construplaza S.A.  
Cédula Jurídica: 3-101-299562  
Tel: +506 4101-8888  
Escazú: 800 metros Oeste de Multiplaza  
Najuela: 300 metros Oeste de Perimercados

**Cotización Web**  
24 abril, 2018  
1  
kpadilla@construplaza.com

Foto	Artículo	Precio Unitario Sin Impuesto	Cantidad	Total Línea Neto
	06926 - Tomacorriente doble polarizado blanco Plata 1009AW Eagle	€ 1,061.95 / unidad + 13%	315.00	€ 378,000.00
	36966 - Tomacorriente Modus Style duplex 2P + T 15 A GFCI 3 modulos marfil AE6028GFE2M Bícino	€ 8,849.58 / unidad + 13%	37.00	€ 370,000.00
	04828 - Cable THHN 12 rojo carrucha de 100 metros	€ 19,469.03 / caja + 13%	208.00	€ 4,532,000.00
	24358 - Cable THHN 10 rojo metro	€ 362.83 / metro + 13%	2000.00	€ 820,000.00
	24372 - Cable THHN 8 negro metro	€ 575.22 / metro + 13%	1300.00	€ 845,000.00
	24376 - Cable THHN 6 blanco metro	€ 929.20 / metro + 13%	700.00	€ 735,000.00

Figura 8.33 Cotización Construplaza  
Fuente: Suministrada por Construplaza

	24382 - Cable THHN 4 negro metro	€ 1,415.93 / metro + 13%	600.00	€ 960,000.00
	24393 - Cable THHN 2 negro metro	€ 2,522.12 / metro + 13%	600.00	€ 1,710,000.00
	24396 - Cable THHN 1/0 AWG negro metro	€ 3,761.06 / metro + 13%	670.00	€ 2,847,500.00
	33851 - Tubo EMT 1/2 pulg. (12mm) 3 metros UL	€ 1,504.42 / unidad + 13%	2400.00	€ 4,079,976.00
	33852 - Tubo EMT 3/4 pulg. (18 mm) 3 metros UL	€ 2,654.87 / unidad + 13%	320.00	€ 960,000.00
	33853 - Tubo EMT 1 pulg. (25 mm) 3 metros UL	€ 4,867.26 / unidad + 13%	140.00	€ 770,000.00
	08125 - Tubo EMT 2 pulg. (50 mm) 3 metros UL	€ 8,938.05 / unidad + 13%	210.00	€ 2,121,000.00

Figura 8.34 Cotización Construplaza  
Fuente: Suministrada por Construplaza

	42445 - Tubo EMT 2-1/2 pulg. (62 mm) 3 metros UL	€ 14,513.27 / unidad + 13%	100.00	€ 1,640,000.00
	05667 - Interruptor sencillo blanco Plata 1000-W Eagle	€ 796.46 / unidad + 13%	82.00	€ 73,800.00
	06922 - Interruptor doble blanco Plata 1004-W Eagle	€ 1,238.94 / unidad + 13%	32.00	€ 44,800.00
	06923 - Interruptor triple blanco Plata 1005-W Eagle	€ 1,681.42 / unidad + 13%	19.00	€ 36,100.00
	09666 - Caja EMT octogonal KO 1/2-3/4 pulgada (12-18 mm) UL	€ 371.68 / unidad + 13%	1450.00	€ 609,000.00
	02372 - Caja EMT rectangular liviana 0.70 mm KO 1/2-3/4 pulgada (12-18 mm)	€ 221.24 / unidad + 13%	410.00	€ 102,500.00
	02674 - Tapa octagonal ciega	€ 159.29 / unidad + 13%	1450.00	€ 261,000.00

Figura 8.35 Cotización Construplaza  
Fuente: Suministrado por Construplaza

	33811 - Conector EMT presión acero 12 mm (1/2 pulgada)	€ 168.14 / unidad + 13%	860.00	€ 163,400.00
	33855 - Union EMT presión acero 12 mm (1/2 pulgada)	€ 176.99 / unidad + 13%	1200.00	€ 240,000.00
	33856 - Union EMT presión acero 18 mm (3/4 pulgada)	€ 221.24 / unidad + 13%	200.00	€ 50,000.00
	33828 - Curva para tubo EMT 12 mm (1/2 pulgadas) UL	€ 247.79 / unidad + 13%	600.00	€ 168,000.00
	33829 - Curva para tubo EMT 18 mm (3/4 pulgadas) UL	€ 362.83 / unidad + 13%	200.00	€ 82,000.00
	02311 - Breaker 1 polo x 20 amperios	€ 4,424.78 / unidad + 13%	90.00	€ 400,000.00
	02316 - Breaker 2 polos x 20 amperios Cutler Hammer	€ 10,619.47 / unidad + 13%	25.00	€ 300,000.00

Figura 8.36 Cotización Construplaza  
Fuente: Suministrada por Construplaza

	02312 - Breaker 1 polo x 30 amperios Cutler Hammer	€ 5,309.73 / unidad + 13%	5.00	€ 29,999.95
	02317 - Breaker 2 polos x 30 amperios Cutler Hammer	€ 11,504.42 / unidad + 13%	10.00	€ 129,999.90
	02318 - Breaker 2 polos x 40 amperios Cutler Hammer	€ 12,831.86 / unidad + 13%	5.00	€ 72,500.00
	02319 - Breaker 2 polos x 50 amperios Cutler Hammer	€ 13,274.34 / unidad + 13%	5.00	€ 75,000.00
	02320 - Breaker 2 polos x 60 amperios Cutler Hammer	€ 12,831.86 / unidad + 13%	5.00	€ 72,500.00
	20613 - Breaker 2 polos x 80 amperios CH280 Cutler Hammer	€ 30,088.50 / unidad + 13%	2.00	€ 68,000.00
	02323 - Breaker 2 polos x 100 amperios CHF2100 Cutler Hammer	€ 35,398.23 / unidad + 13%	4.00	€ 160,000.00

Figura 8.37 Cotización Construplaza  
Fuente: Suministrada por Construplaza

	02320 - Breaker 2 polos x 60 amperios Cutler Hammer	€ 12,831.86 / unidad + 13%	5.00	€ 72,500.00
	20613 - Breaker 2 polos x 80 amperios CH280 Cutler Hammer	€ 30,088.50 / unidad + 13%	2.00	€ 68,000.00
	02323 - Breaker 2 polos x 100 amperios CHF2100 Cutler Hammer	€ 35,398.23 / unidad + 13%	4.00	€ 160,000.00

	02756 - Varilla Copperweld 3 metros x 5/8 pulgada	€ 8,849.56 / unidad + 13%	6.00	€ 60,000.00
			<b>Total</b>	<b>€ 25,967,075.85</b>

Transporte Ruta: + € 00.00 \*Si el proyecto es fuera del Gam depende de la programación, sino mañana.

Transporte Express: + € 50,000.00 \*Si el proyecto es dentro del Gam y se pide antes de la 1 p.m. llega hoy, sino mañana en la mañana.

BCR Colones: Corriente 001-0232590-0  
 BCR Dólares: Corriente 001-0244264-7  
 SINPE Colones: 15201001023259001  
 SINPE Dólares: 15201001024426479

Figura 8.38 Cotización Construplaza  
 Fuente. Suministrada por Construplaza



Fecha: 30-04-2018

**Singe, Suministros en Ingenieria, Ltda**

Teléfono: (506) 2220-1676 Fax: (506) 2296-1558  
 Dirección: Local # 24, Condominio Industrial Pavas, San José.  
 E-mail: info@singecr.com Website: www.singecr.com  
 Céd. Jurídica: 3-102-047287-21 Apartado: 212-1017, San José 2000

Cotización

CO-507844

Vendedor

PRISCILLA BALDODANO

Orden:

Cliente: ESTIMADO CLIENTE  
 Dirección:  
 Teléfono: - Fax: -  
 Observaciones:

Cuenta

01890

Código	Descripción	Cant.	Precio Colones	Total Colones
3680282	TOMA HBL RRD15SWTR DEC TAMPER RESISTANT 15A,	315.00	2,080.00	655,200.00
3700716	TOMA HBL GFRST15W GFCI 15A 125V AUTO-PRUEBA B	37.00	9,200.00	340,400.00
3160920	TOMA FML 32A EMP 380-415V IP-67 3P+T 6H #243	45.00	7,700.00	346,500.00
1140057	CABLE THHN # 12 AWG NEGRO	206.00	200.00	41,200.00
1140066	CABLE THHN # 10 AWG NEGRO	20.00	392.00	7,840.00
1140075	CABLE THHN # 8 AWG NEGRO	13.00	612.00	7,956.00
1140080	CABLE THHN # 6 AWG NEGRO	7.00	1,012.00	7,084.00
1480020	CABLE THHN # 4 AWG NEGRO EBIS	6.00	1,263.20	7,579.00
1140090	CABLE THHN # 2 AWG NEGRO	6.00	2,752.00	16,512.00
1140093	CABLE THHN # 1/0 AWG	670.00	4,088.00	2,738,960.00
1140094	CABLE THHN # 2/0 AWG	80.00	5,096.00	407,680.00
1140096	CABLE THHN # 4/0 AWG	200.00	8,120.00	1,624,000.00
3160491	TUBO EMT USA UL 12MM (1/2") ** A **	2,400.00	1,920.00	4,608,000.00
3160492	TUBO EMT USA UL 16MM (3/4") ** A **	320.00	3,440.00	1,100,800.00
3160493	TUBO EMT USA UL 25MM (1") ** A **	140.00	5,520.00	772,800.00
3160496	TUBO EMT USA UL 50MM (2") ** A **	210.00	13,680.00	2,872,800.00
3160497	TUBO EMT USA UL 63MM (2 1/2") ** A **	100.00	20,560.00	2,056,000.00
3680035	APAGADOR HBL RSD115W SENC DEC 15A 120/277V BL	62.00	880.00	72,160.00
3680049	APAGADOR HBL RCD101W SENC DOBLE DEC 15A 120/2	32.00	4,640.00	148,480.00
3680046	APAGADOR HBL RCD111W SENC TRIP DEC 15A 120/27	19.00	7,200.00	136,800.00
3160862	CAJA USA OCTOG UL 1/2" Y 3/4" #54151-1/2 & 3/4	1,450.00	280.00	406,000.00
3160106	CAJA USA RECT UL 1/2" 2"X4"X 1 7/8" #58361-1/	410.00	266.00	109,860.00
3160415	TAPA USA UL OCTOG C/K.O. 1/2" #54C6 ** A **	1,450.00	136.00	197,200.00
3160205	CONECTOR EMT PRES USA UL 12MM **A**	860.00	156.00	134,160.00
3160530	UNION EMT PRES USA UL 12MM **A**	1,200.00	144.00	172,800.00

Figura 8.39 Cotización SINGE

Fuente: Suministrada por SINGE



Fecha: **30-04-2018**

**Singe, Suministros en Ingenieria, Ltda**

**Cotización**

**CO-507844**

Teléfono: (506) 2220-1676 Fax: (506) 2296-1558  
 Dirección: Local # 24, Condominio Industrial Pavas, San José.  
 E-mail: info@singecr.com Website: www.singecr.com  
 Céd. Jurídica: 3-102-047287-21 Apartado: 212-1017, San José 2000

Vendedor  
**PRISCILLA BALTODANO**  
 Orden:

Cliente: **ESTIMADO CLIENTE**

Cuenta

Dirección:

**01890**

Teléfono :

Fax: -

Observaciones:

Código	Descripción	Cant.	Precio Colones	Total Colones
3160531	UNION EMT PRES USA UL 18MM **A**	200.00	200.00	40,000.00
3160297	CURVA EMT USA 12MM (1/2") U.L. ** A **	600.00	424.00	254,400.00
3160298	CURVA EMT USA 18MM (3/4") U.L. ** A **	200.00	600.00	120,000.00
1080102	CONECT 3M TAN-YELLOW / 22-12AWG USA	1,000.00	60.00	60,000.00
1020071	BREAKER CHF 120 1P 20A	60.00	3,592.00	215,520.00
1020076	BREAKER CHF 220 2P 20A	25.00	8,466.00	211,650.00
1020077	BREAKER CHF 230 2P 30A	60.00	9,444.00	566,640.00
1020072	BREAKER CHF 130 1P 30A	5.00	4,166.00	20,830.00
1020077	BREAKER CHF 230 2P 30A	10.00	9,444.00	94,440.00
1020086	BREAKER CH 330 3P 30A	10.00	39,716.00	397,160.00
1020076	BREAKER CHF 240 2P 40A	5.00	10,306.00	51,530.00
1020089	BREAKER CH 340 3P 40A	10.00	39,716.00	397,160.00
1020079	BREAKER CHF 250 2P 50A	5.00	10,632.00	53,160.00
1020090	BREAKER CH 350 3P 50A	5.00	40,036.00	200,180.00
1020080	BREAKER CH 260 2P 60A	5.00	10,632.00	53,160.00
1020091	BREAKER CH 360 3P 60A	5.00	40,036.00	200,180.00
1020749	BREAKER CH 260 2P 80A	2.00	25,046.00	50,092.00
1020093	BREAKER CH 3090 3P 90A	3.00	72,036.00	216,108.00
1020083	BREAKER CH 2100 2P 100A	4.00	28,272.00	113,088.00
1020289	BREAKER CH FI-3125L 3P 125A	3.00	313,716.00	941,148.00
1020291	BREAKER CH FI-3175L 3P 175A CONTRA PEDIDO	2.00	353,280.00	706,560.00
1021055	BREAKER CH LD3450 3P 450A 600VCA	2.00	1,333,112.00	2,666,224.00
1020989	CENTRO CARGA CH 8L 125FA F 125A 1F C/BORNES	5.00	34,144.00	170,720.00
1020962	CENTRO CARGA CH 12L 125FA F 125A 1F C/BORNES	10.00	52,280.00	522,800.00

Figura 8.40 Cotización SINGE

Fuente: Suministrada por SINGE



Fecha: **30-04-2018**

**Singe, Suministros en Ingeniería, Ltda**

Cotización

**CO-507844**

Teléfono: **(506) 2220-1676** Fax: **(506) 2296-1558**  
 Dirección: **Local # 24, Condominio Industrial Pavas, San José.**  
 E-mail: **info@singecr.com** Website: **www.singecr.com**  
 Céd. Jurídica: **3-102-047287-21** Apartado: **212-1017, San José 2000**

Vendedor  
**PRISCILLA BALTODANO**  
 Orden:

Cliente: **ESTIMADO CLIENTE**

Dirección:

Cuenta

Teléfono :

-

Fax: -

**01890**

Observaciones:

Código	Descripción	Cant.	Precio Colones	Total Colones
1020910	CENTRO CARGA CH 20L 125CP F 125A 1F C/BORNES	2.00	70,276.00	140,552.00
1020935	CENTRO CARGA CH 12L 3-125BP S 125A 3F C/BORN	5.00	70,405.00	352,040.00
1020931	CENTRO CARGA CH 24L 3-225DP S 225A 3F C/BORN	5.00	109,804.00	578,432.00
1020931	CENTRO CARGA CH 24L 3-225DP S 225A 3F C/BORN	5.00	109,804.00	578,432.00
1020935	CENTRO CARGA CH 42L 3-225GP S 225A 3F C/BOR	3.00	201,504.00	604,512.00
3160669	VARILLA COOPERWELL USA UL 3/4" X 3.00 MT (10	6.00	12,000.00	72,000.00

Vigencia de la oferta: **Tres días**  
 Tiempo de Entrega:  
 Forma de Pago:

Subtotal: **30,311,923.00**  
 Descuento : **0.00**  
 Imp. Venta: **3,940,550.00**  
 Total: **¢34,252,473.00**

Hecho por: **PBALTODANO**



Figura 8.41 Cotización SINGE  
 Fuente: Suministrado por SINGE

# Ferretería Brenes S.A

100 MTRS OESTE DEL BANCO NACIONAL  
HEREDIA, COSTA RICA  
TEL: 2261-6055 FAX: 2262-7818  
CED JURIDICA 3-101-09000-06

## FACTURA PROFORMA 162676

FECHA 24/04/2018

Codigo: Contado Ferre

Cliente: KEVIN QUESADA PORRAS

TEL: 8945-88-59

DIRECCION -

N°	CANT	CODIGO	UNI	DETALLE	DESC	P/UNIT	IV	TOTAL
1	315	010400079	UNID	BT MODUS STYLE TOMA DUPLEX TAMPER MARFIL AE2228S2M	30.00	1,915.90	IV	603,508.50
2	37	010400043	UNID	BT MODUS STYLE TOMA FALLA TIERRA AE6028GFE2M MARFIL	30.00	7,931.00	IV	293,447.00
3	45	015300073	UNID	EAGLE TOMA EMPOTR #32 50A 125V/250V	20.00	1,703.73	IV	76,667.76
4	45	015300074	UNID	EAGLE PLACA METAL CUADRAD 327A PITOMA #32 50A	20.00	683.93	IV	30,776.76
5	208	017600161	RETE	VIAKON CARRETE CAJA DE CABLE #12 NEGRO (100MTS)	29.00	18,535.40	IV	3,818,292.81
6	20	017600116	CAJA	VIAKON CABLE #10 BLANCO CAJA	20.00	39,043.90	IV	780,878.08
7	13	017600106	CAJA	VIAKON CABLE #8 BLANCO CAJA	20.00	63,481.55	IV	825,260.18
8	7	017600096	CAJA	VIAKON CABLE #6 BLANCO CAJA	20.00	99,097.49	IV	693,682.42
9	6	017600086	CAJA	VIAKON CABLE #4 BLANCO CAJA	20.00	156,907.14	IV	941,442.82
10	600	017600081	MTS	VIAKON CABLE #2 NEGRO METRO	20.00	2,549.62	IV	1,529,774.40
11	670	017600146	MTS	VIAKON CABLE #1/0	20.00	3,978.20	IV	2,665,394.00
12	80	017600072	MTS	VIAKON CABLE #2/0	20.00	4,992.10	IV	399,368.32
13	200	017600159	MTS	VIAKON CABLE #4/0	0.00	7,089.00	IV	1,417,800.00
14	2,400	016100099	UNID	EMT TUBO 3MTS 1/2" UL	0.00	1,372.00	IV	3,292,800.00
15	320	016100130	UNID	EMT TUBO 3MTS 3/4" UL	0.00	2,173.00	IV	695,360.00
16	140	016100113	UNID	EMT TUBO 3MTS 1" UL	0.00	3,658.00	IV	512,120.00
17	210	016100137	UNID	EMT TUBO 3MTS 2" UL	0.00	8,965.00	IV	1,882,650.00
18	100	016100018	UNID	EMT TUBO 3MTS 2.1/2" UL	0.00	14,874.00	IV	1,487,400.00
19	82	010400058	UNID	BT MODUS STYLE APAGADOR SENCILLO MARFIL AE2100EM	30.00	1,305.50	IV	107,051.00
20	32	010400060	UNID	BT MODUS STYLE APAGADOR DOBLE MARFIL AE2200EM	30.00	1,860.60	IV	59,539.20
21	19	010400060	UNID	BT MODUS STYLE APAGADOR TRIPLE MARFIL AE2300EM	30.00	2,702.00	IV	51,338.00
22	1,450	016100051	UNID	EMT CAJA OCTAGONAL PESADA 1/2"1/2" UL	20.00	448.80	IV	650,760.00
23	410	016100052	UNID	EMT CAJA RECTANG/PESADA 1/2"1/2" UL	20.00	327.83	IV	134,411.12
24	1,450	016100046	UNID	EMT TAPA OCTAGONAL CIEGA UL	0.00	195.00	IV	282,750.00
25	660	020400030	UNID	PVC CONECTOR CONDUIT TIPO A 1/2" UL 2019648	50.00	89.50	IV	76,970.00
26	1,200	020400036	UNID	PVC UNION CONDUIT TIPO A 1/2" UL 2025012	50.00	71.50	IV	85,800.00

Figura 8.42 Cotización Ferretería Brenes

Fuente: Suministrada por Ferretería Brenes

## Ferretería Brenes S.A

100 MTRS OESTE DEL BANCO NACIONAL  
HEREDIA, COSTA RICA  
TEL: 2261-6055 FAX: 2262-7818  
CED JURIDICA 3-101-09000-06

## FACTURA PROFORMA

162676

FECHA 24/04/2018

Codigo: Contado Ferre

Cliente: KEVIN QUESADA PORRAS

TEL: 8945-88-59

DIRECCION

N°	CANT	CODIGO	UNI	DETALLE	DESC	P/UNIT	IV	TOTAL
27	200	020400037	JNID	PVC UNION CONDUIT TIPO A 3/4" UL 2019655	50.00	102.00	IV	20,400.00
28	600	020400042	JNID	PVC CURVA CONDUIT TIPO A 1/2"90 UL 2019660	50.00	310.00	IV	186,000.00
29	200	020400043	JNID	PVC CURVA CONDUIT TIPO A 3/4"90 UL 2019661	50.00	380.00	IV	76,000.00
30	1,000	016400059	JNID	3M TERMINAL EMPALME BEIGE/AMARILLO 22-12	20.00	85.22	IV	85,216.00
31	80	011800055	JNID	CH BREAKER 1"20 ENCHUFAR	30.00	4,034.80	IV	322,784.00
32	25	011800061	JNID	CH BREAKER 2"20 ENCHUFAR	30.00	9,531.20	IV	238,280.00
33	5	011800056	JNID	CH BREAKER 1"30 ENCHUFAR	30.00	4,681.60	IV	23,408.00
34	10	011800062	JNID	CH BREAKER 2"30 ENCHUFAR	30.00	10,605.00	IV	106,050.00
35	5	011800063	JNID	CH BREAKER 2"40 ENCHUFAR	30.00	11,572.40	IV	57,862.00
36	5	011800064	JNID	CH BREAKER 2"50 ENCHUFAR	30.00	12,161.10	IV	60,805.50
37	5	011800065	JNID	CH BREAKER 2"60 ENCHUFAR	30.00	12,161.10	IV	60,805.50
38	2	011800110	JNID	CH BREAKER 2"90 ENCHUFAR	30.00	31,743.60	IV	63,487.20
39	4	011800112	JNID	CH BREAKER 2"100 ENCHUFAR	30.00	31,743.60	IV	126,974.40
40	5	011900023	JNID	CH CENTRO CARGA EMPOTR 8P CHBL125FPI 125A	30.00	39,465.30	IV	197,326.50
41	10	011900003	JNID	CH CENTRO CARGA EMPOTR 12P CH12L125FA 125A	30.00	60,429.60	IV	604,296.00
42	2	011900028	JNID	CH CENTRO CARGA EMPOTR 20P CH20L125CPF 125A	30.00	81,230.80	IV	162,461.60
43	6	014100001	JNID	VARILLA COOPERWELL 3mts UL (5/8)	20.00	9,613.70	IV	57,682.22

Figura 8.43 Cotización Ferretería Brenes

Fuente: Suministrada por Ferretería Brenes

## **Ferretería Brenes S.A**

100 MTRS OESTE DEL BANCO NACIONAL  
HEREDIA, COSTA RICA  
TEL: 2261-6055 FAX: 2262-7818  
CED JURIDICA 3-101-09000-06

## **FACTURA PROFORMA**

**162676**

**FECHA 24/04/2018**

**Codigo: Contado Ferre**

**Cliente: KEVIN QUESADA PORRAS**

**TEL: 8945-88-59**

**DIRECCION**

N°	CANT	CODIGO	UNI	DETALLE	DESC	P/UNIT	IV	TOTAL
44	6	062000007	UNID	GAZA P/VARILLA COOPERWELL UL (5/8)	20.00	797.28	IV	4,783.68

<b>SUBTOTAL</b>	<b>COL 25,849,864.97</b>
<b>IMP. DE VENTAS</b>	<b>COL 3,360,482.45</b>
<b>TOTAL PROFORMA NETO</b>	<b>COL 29,210,347.42</b>

OBSERVACION: GRACIAS POR PREFERIRNOS, CUALQUIER CONSULTA NO DUDE EN LLAMARNOS, ESTAMOS PARA SERVIRLES

\*\*\* EL TRANSPORTE ES GRATUITO \*\*\*  
\*\*\*\*APLICAN RESTRICCIONES\*\*\*\*

Tiempo de Entrega: 2 A 3 DIAS HABILES

Vigencia de la Oferta: 8-DIAS

Garantia de Producto:

Tiempo de Respuesta de Garantia:

Forma de Pago:

Les Atendio: VICTOR S

Figura 8.44 Cotización Ferretería Brenes  
Fuente: Suministrada por Ferretería Brenes

### 8.3. Apéndice 3

Aquí se incluirá otra información relevante utilizada en la elaboración del proyecto



a General Cable company

## MULTICONDUCTOR TSJ-N

### T S J F L E X

#### Descripción

- El TSJ-N es un multiconductor eléctrico flexible, formado por cordones de hilos de cobre suave trenzados en haz, aislados con termoplástico de cloruro de polivinilo (PVC) y cubierta de nylon, reunidos helicoidalmente y con una cubierta externa termoplástica color negro resistente a la intemperie también de cloruro de polivinilo (PVC).

#### Especificaciones Estándar

- Los conductores TSJ-N están respaldados por las siguientes normas: **NTC 5521**.

#### Características

- Se fabrica en formaciones dúplex, triplex y cuádruplex, en calibres que van desde 18 AWG (0,824 mm<sup>2</sup>) hasta 6 AWG (13,3 mm<sup>2</sup>).
- Las almas (Conductores individuales) del multiconductor TSJ-N se fabrican en colores de acuerdo a su formación. Para dúplex, negro y blanco. Para triplex, negro, blanco y verde.
- Para cuádruplex, negro, blanco, rojo y verde.
- Está diseñado para operar a un voltaje máximo de 600 V.
- Puede operar a una temperatura máxima de 60 °C en ambientes secos y húmedos.
- La cubierta de nylon de los conductores los protege contra daños por contacto con derivados del petróleo y agentes químicos, lo que permite que se utilice en ambientes industriales, residenciales y comerciales.
- Su cubierta externa de color negro es resistente a los rayos ultravioleta, por lo que puede usarse a la intemperie.
- Cumple con la regulación RoHS (Restriction of Hazardous Substances).

#### Aplicaciones

- El TSJ-N es ampliamente utilizado en alambrado de electrodomésticos de bajo consumo.
- También se emplea en herramientas y lámparas portátiles, así como en extensiones eléctricas portátiles.
- Usos no permitidos y recomendaciones:
  - No pueden ser usados para sustituir el alambrado de salidas fijas como tomacorrientes.
  - No debe quedar aislado dentro de paredes, pisos o cielorrasos.
  - No debe pasar a través de puertas, ventanas o aberturas similares en donde pueda dañarse debido a extremos filosos o puntiagudos.
  - No debe ser engrapado o clavado a las estructuras sólidas de la instalación o edificación.
  - No debe ser instalado en tubería eléctrica, a menos que el Código Eléctrico lo permita para un uso específico.



Figura 8.45 Información para cable TSJ

Fuente: Suministrado en [www.generalcable.com](http://www.generalcable.com)

## Ejemplo de selección de Aeroducto

1. Haga una lista de los cables por tamaño y tipo.
2. Agregue una columna con las áreas de sección transversal.
3. Agregue una columna con el número de cables para cada tamaño de cable.
- 4- Multiplique la columna con las áreas transversales por el número de cables.
5. Sume los datos obtenidos de la multiplicación de las secciones transversales por el número de cables.

Listado por tipo de cable	Lista de la sección transversal del cable sq in ( Área ) *	Número de cables	Multiplicar Área x número de cables
<b>2 AWG</b>	<b>1,1182</b>	<b>4</b>	<b>1,1182 x 4 = 0,4728</b>
<b>2/0 TW</b>	<b>0,229</b>	<b>2</b>	<b>0,2290 x 2 = 0,4580</b>
<b>750 kcmil</b>	<b>1,13</b>	<b>2</b>	<b>1,13 x 2 = 2,2600</b>
<b>Suma del total de las áreas de sección transversal</b>		<b>=</b>	<b>3,1908</b>

\* Puede usar sus equivalentes en mm<sup>2</sup>

6. Para la escogencia del ducto debemos seleccionar cual es el cable de mayor tamaño que puede alojar el ducto. En el ejemplo de arriba el cable con mayor sección transversal es 750 kcmil. Según la tabla de tramos rectos (Tabla 1, columna 5) el ducto que puede albergar este cable es el ducto de 8"x 8".

7. La suma de las áreas de sección transversal de todos los conductores contenidos en el ducto no debe exceder el 20% del área de la sección transversal del ducto.

Basado en el ejemplo la suma de las áreas de sección transversal x números de cables = 3.19 sq. In

Figura 8.46 Extracto catálogo EATON Aeroductos donde especifica lo del 20% del área de la sección transversal del ducto

Fuente: Tomado de [www.eaton.com](http://www.eaton.com)

## Capítulo 9. Bibliografía

- Aguilar Durán, E. J. (2010). *Cálculo de corto circuito y coordinación de protecciones en edificios residenciales verticales*. Costa Rica: Universidad Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica.
- Fowler, R. J. (1994). *Electricidad principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté.
- García, J. (2016). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión*. Madrid: Paraninfo.
- Grainger J. & Stevenson W. (1996). *Análisis de Sistemas de Potencia*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Guadamuz, J. R. (2016). *Rediseño de la instalación eléctrica de la oficina del Banco de Costa Rica del Barrio el Carmen, San José*. Cartago.
- Louis, S. (1997). *Electrical Engineering Handbook*. Estados Unidos: Electrical Apparatus Service Association.
- Metz Noblat, D. F. (2000). *Cálculo de corriente de Cortocircuito*. España: Schneider Electric.
- Mullin R. & Smith R. (2005). *Electrical wiring commercial*.
- NFPA 70. National Electrical Code, National Fire Protection Association*, . (2008). Quincy, MA.
- Wildi, T. (2006). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: Pearson.
- Zavala, R. S. (2001). *Introducción a las instalaciones eléctricas*. México.

